SOLIDARITÉ CLIMATIQUE

18 OPÉRATIONS EXEMPLAIRES DANS LES PAYS DU SUD

> Climat

> Énergie

> Développement

Guide

Bonnes Pratiques







geres



PRÉFACE

Il n'y a plus de doute aujourd'hui : l'atmosphère de la Terre se réchauffe rapidement. Cette élévation de température aura un impact majeur sur toute la planète, avec des manifestations très variables selon les zones concernées.

A l'issue du Sommet de la Terre de Rio en 1992, un processus international de concertation a été créé, qui vise à concilier protection du climat et solidarité internationale. C'est la grande Convention cadre sur le changement climatique dont la ratification a été suivie en 1997 par la signature du protocole de Kyoto. Celui-ci est entré en application depuis 2005 et les négociations internationales sont déjà lancées sur les conditions de mise en œuvre d'une deuxième période d'engagement, après 2012.

La solidarité s'exprime de différentes manières. En premier lieu, les pays industrialisés se reconnaissent une responsabilité particulière dans les émissions de gaz à effet de serre dont l'accumulation est devenue si préoccupante. La quasi-totalité d'entre eux se sont engagés à réduire leurs émissions selon une feuille de route déterminée. Ainsi de nombreux chantiers sont ouverts en matière de recherche et d'actions pour produire et consommer, bâtir des infrastructures, conduire des politiques agricoles, organiser les transports, en limitant les émissions de gaz à effet de serre ou en absorbant ceux-ci.

En second lieu, les pays industrialisés s'engagent à accompagner les populations et les Etats des pays les moins avancés dans la voie d'un développement propre et à contribuer, en anticipant sur leur vulnérabilité, à l'adaptation des populations face aux changements climatiques. Il s'agit du droit au développement des pays pauvres, en général peu émetteurs de gaz à effet de serre, mais premières victimes des conséquences du réchauffement.

Sur ce dernier point, les acteurs du développement et de la solidarité internationale sont appelés à intégrer la lutte contre les changements climatiques dans leurs actions de développement, et à favoriser le transfert des techniques de cette lutte vers les pays les moins développés. Il leur faudra enrichir leur expérience de quelques compétences nouvelles, par exemple pour mettre en application les mécanismes de projets prévus par le protocole de Kyoto qui sont l'un des moyens à leur disposition. Ils favoriseront ainsi l'émergence de solutions durables tout en reconnaissant un rôle d'avenir aux pays en développement.

C'est dans ce contexte que le GERES a eu l'initiative de ce guide de bonnes pratiques « Climat-Energie-Développement». Cette association, créée en 1976 au lendemain du premier choc pétrolier, compte aujourd'hui une centaine de collaborateurs pour mener à bien des projets de développement durable innovants en France et dans les pays du Sud.

Ce guide fait partager des expériences de terrain, illustrées par des opérations exemplaires, afin de préparer les acteurs du développement – organisations non gouvernementales, société civile, bailleurs de fonds, administrations et décideurs – à répondre aux défis du siècle en matière de solidarité et de changement climatique.

Brice LALONDE
Ambassadeur chargé des négociations sur le changement climatique pour la France

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

Le guide a été conçu et coordonné par le Groupe Energies Renouvelables Environnement et Solidarités (GERES) sous la responsabilité de Swan Fauveaud.

De nombreux experts du GERES ont contribués à l'élaboration des fiches techniques

David Béritault, Simon Biney, Eric Buchet, Arnaud Guidal, Alexia Hebraud, Aurélien Hérail, Leo Heiniger, Antoine Lasgorceix, Benjamin Pallière et Vincent Stauffer.

Le comité de relecture était constitué de : Dominique Frey, Alain Guinebault, Alexia Hebraud, Sophie Ibos, Julien Jacquot, Thomas Mansouri, Fabrice Thuillier.

La réalisation de ce guide a été possible grâce au concours financier de nos partenaires :

- Le Ministère des Affaires Etrangères et Européennes (MAEE)
- L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)
- La Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme

De nombreux partenaires on également participé à sa réalisation et nous les remercions vivement pour leur contribution, notamment :

- L'Agence Française de Développement, Mme Sarah Maniesse et Mme Ewa Filipiak pour leur autorisation à utiliser Notes et Documents "Lutte contre l'effet de serre, enjeux et débat", 2006, comme source d'information pour le cadrage 1.
- Bolivia Inti – Sud Soleil, Mlle Rozenn Paris - Fiche 1.2 la cuisson solaire
- Le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), M. Francis Forest - Fiche 5.2 Le semi direct sur couvert végétal
- Initiative Développement, M. Baptiste Flipo et M. Christophe Barron - Fiche 4.3 Le système biogaz familial
- M. Roland Louvel, expert indépendant – Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles
- ONF International, M. Julien Demenois et M. Nicolas Grondard– Fiche 5.3 Les plantations forestières, Fiche 5.4 La lutte contre la déforestation
- M. Jean-Francois Rozis, expert indépendant – Fiche 3.4 Les besoins thermiques des PME et collectivités
- et toutes les personnes nous ayant fourni des renseignements pour l'élaboration des fiches (Matthieu Tiberghien et Ruy Korscha Anaya de la Rosa d'Action Carbone, M. Aboubacar Oualy du PNUD, M. Yves Maigne de la FONDEM, M. Rachid Hadibi de Pro Natura International, M. Stephane Boulaki du CIRAD, Mme Yuyun Ismawati de Bali Fokus)

Crédit photo :

ADEME, BALIFOKUS, Bolivia Inti – Sud Soleil, CIRAD, GERES, Initiative Développement, M. Roland Louvel, MNED, ONF International, PNUD, Yeleen Kura.

NB : Toutes les photographies et schémas ne portant pas de mentions spécifiques sont des crédits photo GERES.
Les cartes de localisation des pays proviennent de Wikipedia et sont libres d'utilisation.



Les changements climatiques bouleversent les équilibres environnementaux, économiques et sociaux. Les pays en développement et en particulier les pays les moins avancés sont les premiers touchés par ces bouleversements qui amplifient les vulnérabilités existantes.

Dans les pays en développement, l'activité agricole est au cœur de l'économie et 50 à 80 % de l'énergie utilisée par les ménages provient de la biomasse prélevée dans la forêt. Or la plus grande variabilité climatique (sécheresses, inondations etc.) prévue par les experts affectera notamment l'agriculture et les forêts, fragilisant la sécurité alimentaire et les ressources énergétiques. Ces effets néfastes seront aggravés par l'augmentation du prix de l'énergie, composante principale de la vie domestique, du développement économique, de l'accès à l'éducation et aux services de santé.

Pour s'adapter aux changements climatiques, les populations devront faire appel à de nouvelles sources d'énergie, mieux utiliser les sources existantes et modifier les pratiques agricoles. Une interaction forte existe entre climat, énergie et développement.

Aujourd'hui l'information est souvent éparse ou insuffisante concernant les points suivants:

- le lien entre accès à l'énergie et adaptation aux changements climatiques,
- la hiérarchisation des priorités d'action pour réduire les émissions dans les pays en développement,
- les enjeux, selon les technologies, les filières énergétiques... en termes d'impact sur le climat,
- les mécanismes de financement prévus par le protocole de Kyoto (MDP, Fonds d'adaptation) et plus généralement la finance carbone.

Sur la base de ce constat, il est nécessaire de fournir aux parties prenantes, et notamment aux ONG, des éléments d'aide à la décision et des informations techniques pour les accompagner dans leurs projets de développement et de lutte contre les changements climatiques.

Elaboré par le GERES, ce guide offre un aperçu des technologies et démarches exemplaires associant développement et lutte contre les changements climatiques. Les acteurs du développement doivent renouveler les pratiques mises en œuvre pour s'adapter aux conditions climatiques actuelles et futures. Ces pratiques concernent l'efficacité énergétique, la maîtrise de la demande en énergie, les énergies renouvelables, la valorisation des déchets, les pratiques agricoles résilientes ou la lutte contre la déforestation.

Cet ouvrage s'adresse à l'ensemble des acteurs du développement; les institutions des pays en développement, les bailleurs de fonds, les organisations de solidarité internationale, les acteurs de la coopération décentralisée, les agences de coopération technique pour n'en citer que quelques uns.

En vous souhaitant une bonne lecture,

Toute l'équipe du GERES

CADRAGE I

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN DEFI MAJEUR ET GLOBAL

Les scientifiques s'accordent aujourd'hui presque tous sur le phénomène d'un réchauffement sans précédent qui se produit à l'échelle planétaire et à un rythme accéléré. Le réchauffement actuel a débuté au milieu du XIXe siècle, au moment de la révolution industrielle, et s'est ensuite accentué dans les décennies d'après-guerre correspondant au boom économique des pays de l'OCDE. Il est aujourd'hui reconnu qu'il aura un impact majeur à l'échelle de la planète, avec des manifestations très variables selon les zones concernées.

L'objet de cette partie est de revenir sur l'origine de ce phénomène et sur ses manifestations. Elle rappellera ensuite ses conséquences et les enjeux pour le développement des pays du Sud. Enfin, elle présentera le dispositif international mis en place sous la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et le protocole de Kyoto.

COMPRENDRE LE PRINCIPE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Un phénomène récent à multiples manifestations

Créé en 1988 par une initiative concertée et pilotée par les Nations Unies, le **Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC)** a pour mission d'évaluer l'état des connaissances scientifiques, techniques et économiques sur le changement climatique, ses conséquences écologiques et socio-économiques ainsi que sur les stratégies de parade. Il publie régulièrement des rapports qui sont considérés comme la principale référence pour les scientifiques ainsi que pour les décideurs. En février 2007, le 4ème rapport du GIEC conclut que **l'essentiel de l'accroissement constaté de la température moyenne de la planète depuis le milieu du XXe siècle est « très vraisemblablement » dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre émis par l'homme**. Le taux de certitude est supérieur à 90 %, contre 66 % en 2001 dans le 3ème rapport.

Ces études révèlent que de récents changements témoignent ainsi du réchauffement de la planète :
- **La température moyenne de surface aurait augmenté** de 0,6°C au cours du XXe siècle. Depuis la seconde moitié du XIXe siècle, la décennie 90 a été la plus chaude avec un pic en 1998. Le réchauffement survenu dans l'hémisphère nord au XXe siècle a été le plus important de tout le millénaire passé.
- **La couverture neigeuse et l'extension des glaciers ont diminué**. Des données satellites montrent une diminution probable de 10 % de la couverture neigeuse depuis la fin des années 60.
- **Le niveau moyen de la mer a progressé** entre 10 et 20 centimètres au cours du XXe siècle.
- **Une augmentation des précipitations** a été observée dans les zones de moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère nord ainsi qu'une augmentation de la fréquence des épisodes de fortes précipitations dans les mêmes zones.
- **Les épisodes chauds du phénomène El Niño ont été plus fréquents**, plus durables et plus intenses depuis le milieu des années 1970. Dans certaines régions, notamment dans certaines zones d'Asie et d'Afrique, a été observée une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses durant ces dernières décennies.

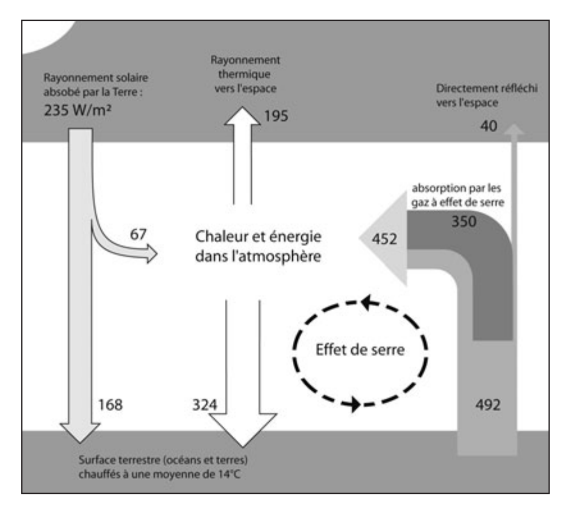
Le lien entre le climat et l'effet de serre

Les changements climatiques s'expliquent à la fois par la variabilité interne du système climatique et par des facteurs externes.

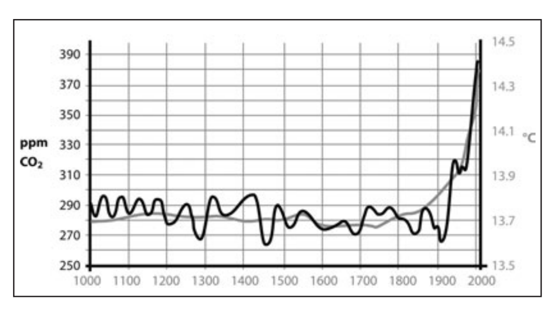
L'atmosphère reste le principal intervenant dans la régulation du climat. Ainsi, environ la moitié du rayonnement solaire atteint la surface de la terre. La terre renvoie, à son tour, un rayonnement infrarouge dans l'espace, dont une partie est absorbée par l'atmosphère, puis réémise partiellement vers le sol par un

phénomène d'effet de serre. Le flux de rayonnement renvoyé sur Terre est provoqué naturellement par des gaz dits « à effet de serre » (GES) présents dans l'atmosphère c'est-à-dire la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

C'est ce phénomène d'effet de serre qui détermine les températures, et par conséquent le climat sur Terre. Sans la présence de ces gaz et des nuages, la température moyenne de la terre serait de –18° C, contre 15° C actuellement mesurés. Dès lors que la couche de GES s'épaissit, l'énergie renvoyée vers le sol augmente. La concentration accrue de GES est donc un facteur majeur qui expliquerait les changements climatiques actuels. Des facteurs tels que le changement du rayonnement solaire ou l'activité volcanique explosive peuvent aussi avoir un impact significatif sur le climat.



Le phénomène de l'effet de serre sur la Terre



L'évolution des températures et de la concentration de CO_2 depuis l'an 1000 (source, Le GIEC)

Un accroissement récent de la concentration des GES

Il a été a observé au cours du XXe siècle un fort accroissement de la concentration des GES dans l'atmosphère. La concentration actuelle de CO_2 n'a jamais encore été atteinte au cours des 420 000 dernières années. Le taux d'augmentation actuel est sans précédent depuis au moins 20 000 ans. La concentration atmosphérique de méthane s'est accrue, quant à elle, de 151 % depuis 1750 et elle continue d'augmenter. De nouveaux gaz d'origine industrielle ont par ailleurs, fait leur apparition comme les chlorofluorocarbures (CFC) et HCFC-22 comme le fréon, le perfluorométhane (CF_4), l'hexafluorure de soufre (SF_6).

Les activités humaines à l'origine d'émissions accrues de GES

Des analyses mieux étayées que dans le passé confirment que la majeure partie du réchauffement observé est imputable aux activités humaines. Dans le cas du CO_2, par exemple, les concentrations ont augmenté de 30 % depuis le début de la Révolution Industrielle et de l'intensification de l'activité économique. Le phénomène s'est accentué au cours du XXe siècle : ainsi, environ trois quarts des émissions humaines de CO_2 au cours des vingt dernières années sont dus à la combustion d'énergies fossiles comme le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Le reste est essentiellement dû au changement dans l'utilisation des terres, notamment à la déforestation. De même le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O), sont des rejets de l'agriculture et les conséquences des changements dans l'utilisation des terres. Enfin, l'ozone troposphérique (O_3), les gaz fluorés (CFC, HFC, PFC et SF_6) et les gaz d'échappement sont responsables de l'attaque de la couche d'ozone.

UN IMPACT FORT ET IMPRÉVISIBLE DANS LES PAYS DU SUD

De multiples manifestations

Malgré les progrès dans la modélisation du changement climatique, il reste **une grande incertitude dans la connaissance des phénomènes et de ses manifestations ainsi que de leur ampleur**. Cependant, on peut affirmer aujourd'hui avec certitude que le réchauffement climatique se poursuivra, qu'il aura un impact majeur et global à l'échelle de la planète, avec des manifestations très variables selon les zones concernées.

Les risques pour le futur portent en premier lieu sur la poursuite **d'une augmentation de la température globale, et l'élévation du niveau de la mer**. Selon les hypothèses retenues, les conclusions du GIEC divergent sensiblement. Dans le cas d'un effort général de diminution des émissions de CO_2, l'augmentation de la température moyenne globale entre 1990 et 2100 se situerait entre +1.4°C et +2.6°C. Sans aucun effort de limitation, le réchauffement global irait de +3.2°C à +5.8°C. Quant au niveau de la mer, il s'élèverait de 9 à 88 cm d'ici 2100, du fait de la dilatation thermique des couches supérieures de l'océan et de la fonte des glaciers.

L'évolution des températures et du régime des pluies aura un fort impact sur les écosystèmes. La diversité biologique sera menacée : les zones climatiques pourraient se déplacer verticalement vers les pôles, perturbant les forêts, les déserts, les prairies et d'autres écosystèmes. Les déserts et autres régions arides risquent de connaître des conditions climatiques encore plus extrêmes ; certaines zones montagneuses seront affectées (déplacement d'espèces vers les hauteurs du fait du réchauffement) ; la banquise essentiellement au Groenland et en Antarctique ; les littoraux, et notamment les formations coralliennes, se transformeront. La fréquence et l'intensité des phénomènes extrêmes s'accroîtront (orages, inondations, crues, cyclones, etc.).

Conséquences pour les pays du Sud

On définit la vulnérabilité comme la sensibilité ou l'incapacité d'un système (territoire, pays, continent…) à faire face aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation. Les pays en développement sont ainsi particulièrement vulnérables aux changements climatiques sur de nombreux plans.

Le changement climatique risque ainsi d'augmenter la fragilisation des milieux naturels déjà soumis à une forte pression. Il pourrait accroître la raréfaction du couvert végétal en zones arides ou la déforestation ainsi que les pertes de biodiversité en zones humides. Cette pression sur les milieux naturels risque d'amener la réduction ou l'abandon de pratiques régénératrices telles que la jachère et la transhumance, d'entraîner la mise en culture de terres marginales ou la concentration du bétail sur des espaces réduits. De même, le type d'agriculture qui a souvent recours à des pratiques dépendantes du climat comme par exemple les cultures pluviales non irriguées verront leur rendement diminuer.

La réduction du couvert forestier implique également une raréfaction de la biomasse énergie qui reste pourtant la source d'énergie prépondérante dans de nombreux pays.

Cette vulnérabilité sera également accentuée concernant l'accès à l'eau. Avec l'intensification du cycle de l'eau, les régions les plus humides recevront davantage de précipitations, ce qui fera augmenter les risques d'inondation. Inversement, les régions arides et semi-arides telles que le Maghreb et le Sahel, où la disponibilité en eau potable présente déjà des lacunes, seront davantage asséchées, ce qui aura des incidences sur la productivité agricole et la sécurité alimentaire. L'intensité et la durée des périodes de sécheresse augmenteront, et les territoires touchés par la sécheresse s'élargiront probablement.

Enfin, les changements climatiques auront un impact sur la santé par un accroissement de la malnutrition et de ses conséquences, une augmentation des maladies et des accidents dus aux vagues de chaleur, aux inondations, aux tempêtes, aux incendies et aux sécheresses. De même, on assistera à un accroissement des maladies diarrhéiques lié à une mauvaise qualité de l'eau et une modification de la répartition spatiale de certains vecteurs de maladies infectieuses et parasitaires (paludisme, méningite, etc.).

En conclusion, les changements climatiques peuvent donc constituer un obstacle au développement des pays du Sud, et leur faible niveau de développement accentue leur vulnérabilité.

LE CADRE INSTITUTIONNEL DE LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Un processus concerté

Il existe **une responsabilité partagée dans les phénomènes du changement climatique**. La première tentative, dans le cadre de l'ONU, pour mieux cerner ce qu'est le changement climatique et comment y remédier est **la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques** (CCNUCC ou UNFCCC en anglais). Elle a été ouverte à la signature en 1992, et est entrée en vigueur le 21 mars 1994. 189 pays dont les États-Unis et l'Australie l'ont ainsi ratifiée. Elle représente la gouvernance internationale sur le climat.

Le protocole de Kyoto, issu de cette convention a été ouvert à la ratification en 1998 et est entré en vigueur en février 2005. Il propose un calendrier de réduction des émissions des 6 gaz à effet de serre avec **des engagements de 38 pays industrialisés, représentant une réduction globale de 5,2 % des émissions de dioxyde de carbone d'ici 2012** par rapport aux émissions de 1990. Il a été ratifié à ce jour par 175 pays à l'exception notable des États-Unis. **L'Union Européenne s'est ainsi donné un objectif collectif de réduction de 8 %**. Les pays dits en développement incluant des pays émergents comme l'Inde, le Brésil, l'Indonésie, la Chine, le Mexique ou la Corée du Sud n'ont pas d'engagement quantifié de leurs émissions dans le protocole de Kyoto. Ces derniers sont cependant étroitement associés aux discussions des objectifs post 2012 dans la mesure où leur croissance économique aura un impact fort dans les émissions mondiales de GES à venir.

Des mesures pour lutter contre le changement climatique

Dans le cadre des accords internationaux, des dispositifs ont été mis en place pour lutter contre le changement climatique. **On classe les mesures dans 2 grands volets d'action qui sont l'atténuation et l'adaptation.**

Les mesures d'**atténuation** regroupent les interventions humaines visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre[1]. L'**adaptation** indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques.

Les **mesures d'atténuation sont effectivement nécessaires** pour endiguer ou réduire les impacts du réchauffement climatique, **mais ne sont pas suffisantes**. Du fait de l'inertie physique (cycle du carbone) et sociale (nombreuses négociations pour atteindre un accord, mise en place de politiques), les concentrations atmosphériques en GES présentes et futures engendreront **des effets négatifs qu'il faut anticiper par des mesures d'adaptation.**

Mécanismes de flexibilité pour une atténuation

Pour faciliter la réalisation des objectifs de réduction des émissions des pays industrialisés, le protocole de Kyoto prévoit la possibilité de recourir à 3 grands mécanismes dits « de flexibilité » en complément des politiques et mesures que ces pays devront mettre en œuvre au plan national.

Les permis d'émissions négociables

Une monétarisation des GES a été imaginée, avec la création d'un « marché de gaz à effet de serre (GES) ». Ce marché confère une valeur marchande aux GES exprimée en une unité unique : la tonne équivalent CO_2 (cf. encadré). Selon les objectifs fixés par les pays, les pays qui ont ratifié le protocole peuvent convertir la partie non utilisée de leurs droits d'émissions en « permis d'émissions négociables » et les vendre à des pays ayant dépassé leurs niveaux d'émissions. Cet échange peut également avoir lieu entre des entreprises ayant des objectifs de réduction au sein d'un même pays. Des marchés d'échange de permis d'émissions se sont ainsi développés comme par exemple le marché d'échange contraignant européen EU ETS (cf Cadrage 2). Les crédits générés par les 2 autres mécanismes présentés ci-après (MDP et MOC) prennent part à ces marchés.

La Mise en Œuvre Conjointe (MOC)

Ce mécanisme permet aux gouvernements des pays industrialisés de financer des projets de stockage de carbone et de réduction d'émissions de gaz à effet de serre. Il concerne les projets industriels ou forestiers et tout particulièrement ceux qui sont lancés dans les pays en transition vers une économie de marché (Russie, pays d'Europe centrale et orientale…). Ces projets permettent de générer des crédits d'émission utilisables par les investisseurs.

Le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP)

Seul mécanisme qui implique les pays du Sud, il autorise les pays industrialisés ayant des objectifs quantifiés de réduction d'émissions à investir dans des projets de réduction de gaz à effet de serre dans les pays en développement. Initiés par des investisseurs publics ou privés, ils génèrent des crédits de réductions d'émissions appelées Unités de Réduction d'Emission Certifiées (UREC) par rapport à une situation de référence. Les crédits peuvent être stockés ou échangés et doivent faire l'objet d'un partage entre l'investisseur étranger et le pays ou le partenaire hôte. Le projet peut aussi être mis en œuvre de manière unilatérale. Dans ce cas les crédits bénéficient entièrement à l'opérateur du pays du Sud.

Mesures pour une adaptation

Pour faciliter l'adaptation aux phénomènes liés au changement climatique, un ensemble de dispositifs internationaux ont été mis en œuvre.

Les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation (PANA)

Les PANA sont destinés à analyser les priorités d'action dans le domaine de l'adaptation dans les pays les moins avancés (PMA). Les PANA recensent les besoins urgents des PMA pour s'adapter aux risques actuels liés aux changements climatiques. Répondre à ces besoins permettra à ces pays d'augmenter leur résilience et d'accroître leur capacité d'adaptation à la variabilité climatique, aux extrêmes climatiques actuels et aux changements climatiques futurs. Au-delà des modélisations en cours sur les possibles phénomènes du changement climatique, les PANA prennent en considération les stratégies d'adaptation déjà en application à l'échelle locale valorisant ainsi les connaissances et les savoirs locaux.

1. Définition GIAEC

Les fonds d'appui à l'adaptation

- **Le Fonds pour les Pays les Moins Avancé (FPMA)** est prévu pour appuyer les PMA à la préparation et à la mise en œuvre de leurs PANA. Le financement du FPMA est volontaire, avec la majorité des fonds octroyés par l'Allemagne, le Canada et le Danemark. L'Australie et les États-Unis ne contribuent pas à son financement. Les ressources existantes de ce fonds sont de 160 millions de dollars (inclues les annonces de contribution). Il a permis l'élaboration de PANA dans 46 pays (en juin 2008, source FEM). Le FPMA s'avère cependant insuffisant pour que soit assurée la globalité de la mise en œuvre des stratégies et des actions d'adaptation répertoriées dans les PANA.
- **Le Fonds Spécial pour les Changements Climatiques (FSCC)** finançant des activités dans les domaines de l'adaptation, du transfert de technologies, de l'énergie, du transport, de l'industrie, de l'agriculture-foresterie, de la gestion des déchets et de la diversification économique. Son montant est en juin 2008 de 65 millions de dollars. Le FSCC est financé par les contributions volontaires de divers pays industrialisés. Le Royaume-Uni, le Canada, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Danemark en sont les principaux bailleurs.
La gestion de ces deux outils financiers a été confiée au Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM).
- **Le Fonds d'Adaptation (FA)** alimenté par un prélèvement d'une taxe de 2 % issu de la vente des MDP. Adopté à la Conférence des parties de Bali en 2007, ce fonds est le plus récent parmi les fonds de l'adaptation. L'accord conclu à Bali stipule que le Fonds d'adaptation sera géré, au sein du FEM, par un conseil d'administration de 16 membres dont : un représentant de l'Alliance des petits États insulaires, un représentant des Pays les moins avancés (PMA) et deux des Pays en développement (PED). Actuellement doté de 80 millions de dollars, le FA pourrait par cette taxation des MDP atteindre les 500 millions d'ici à 2012.

Ces fonds sont souvent critiqués car le montant total des moyens mis en œuvre reste insuffisant par rapport aux coûts estimés de l'adaptation (de 10 à 40 milliards de dollars selon les estimations).

LES UNITÉS DE MESURE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le pouvoir de réchauffement global (PRG)

Les GES n'ont pas tous le même effet sur le réchauffement climatique. Le PRG est l'unité de mesure de l'effet d'un GES sur le réchauffement climatique par rapport à celui du CO_2 (PRG du CO_2 = 1) sur une période de 100 ans.
Le tableau suivant rappelle les PRG des GES du Protocole de Kyoto :

Gaz à Effet de Serre (GES)	PRG
Vapeur d'eau : H_2Ov	8
Gaz carbonique : CO_2	1
Méthane CH_4	23
Oxyde nitreux : N_2O	296
Perfluorocarbones (PFCs) : CF4, $C2F_6$	5 700, 11 900
Hexafluorure de soufre : SF_6	22 200
Hydrofluorocarbones (HFCs) : CHF_3, CH_3CHF_2 ...	120 à 12 000

La tonne d'équivalent CO_2 (t CO_2 équivalent)

Pour permettre l'échange des crédits de réduction d'émissions de GES, il a été nécessaire d'établir une unité commune à tous les GES : la tonne équivalent CO_2
Il suffit de multiplier le PRG d'un GES à la quantité émise de ce GES pour connaître son émission en tonne d'équivalent CO_2 :
tonne équivalent CO_2 d'un gaz = tonne du gaz x PRG du gaz
Par exemple, le méthane a un PRG de 23, ce qui signifie qu'il a un pouvoir de réchauffement 23 fois supérieur au CO_2. Aussi, lorsqu'une entreprise émet 1 tonne de Méthane on comptabilise une émission de 23 tonnes de CO_2.

La tonne d'équivalent carbone

Les émissions de GES peuvent aussi être comptabilisées en tonnes d'équivalent carbone.
Puisqu'un kilogramme de CO_2 contient 0,2727 kg de carbone, l'émission d'un kilogramme de CO_2 vaut donc 0,2727 kg d'équivalent carbone.
équivalent carbone = équivalent CO_2 x 0,2727

CADRAGE 2

FINANCE CARBONE ET SOLIDARITE CLIMATIQUE

Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) est la principale mesure de réduction des émissions du Protocole de Kyoto qui valorise des initiatives au sein des Pays du Sud. Les procédures de formalisation d'un MDP sont complexes et impliquent de multiples acteurs.

Les marchés d'échange volontaire se sont développés parallèlement aux MDP et impliquent des acteurs qui achetent des crédits carbone essentiellement pour des raisons d'éthique ou d'image de marque. Le marché volontaire permet de financer des projets non compatibles avec le cadre méthodologique du MDP, souvent plus petits, divers et parfois innovants.

Cette section présentera les principes du MDP et des marchés d'échange volontaire. Elle rappellera comment cette « finance carbone » représente une opportunité de financement de leurs actions pour les acteurs de développement. Ceux-ci ont un rôle à y jouer et doivent y promouvoir un carbone plus « social ».

LA RÉDUCTION D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LES PAYS DU SUD

Rappel

Le MDP autorise les pays industrialisés (ayant des objectifs quantifiés de réduction d'émissions) **à investir dans des projets de réduction de gaz à effet de serre (GES) dans les pays en développement**. Initiés par des investisseurs publics ou privés, ces projets génèrent des Unités de Réduction Certifiées des Émissions (URCE).

Le MDP a été créé dans l'idée de permettre aux pays industrialisés de réaliser des réductions d'émissions à moindre coût et aux pays en développement la possibilité d'attirer des investissements privés additionnels pouvant entraîner des bénéfices socio-économiques. Pour les pays hôtes, cette démarche doit stimuler l'investissement étranger, le transfert de technologie et contribuer au développement durable.

Ces mécanismes sont aujourd'hui principalement portés par des entreprises privées, mais quelques institutions et ONG commencent aussi à mettre en œuvre des projets MDP.

Les secteurs concernés sont **l'énergie, le traitement des déchets, l'industrie, le secteur résidentiel et tertiaire, les transports, l'agriculture et le secteur forestier**. Les projets d'économie d'énergie, de changement de combustible, d'énergies renouvelables ou de boisement/reboisement (séquestration du carbone) sont ainsi éligibles.

Concept d'additionalité des projets MDP

Les règles définitives d'application du MDP ont été adoptées par la 7ème Conférence des Parties de la Convention Climat, réunie à Marrakech (Maroc) en 2001. L'une des conditions principales d'éligibilité d'un projet est qu'il doit être « additionnel ». L'additionalité est avérée lorsque l'on **démontre que les réductions des émissions réalisées grâce au projet, n'auraient pas eu lieu sans la création de ce mécanisme et le Protocole de Kyoto.**

De façon concrète, on **démontre l'additionalité du projet en montrant qu'il lève au moins l'une de ces barrières** :
- d'investissement,
- technologique,
- dues à des pratiques courantes (signifiant que le projet est le premier dans son genre).

Un porteur de projet doit donc passer en revue les potentielles barrières à la mise en place de la technologie.

On se propose ici **d'illustrer le concept d'additionalité** avec un projet MDP de diffusion de kits photovoltaïques au Maroc porté par *GERERE* et *SCET Maroc* (Cf. Fiche 1.4 Les kits batterie-système photovoltaïque).
Ce projet est mis en œuvre en zones rurales au Maroc, là où les populations n'ont pas accès au réseau principal d'électricité. Elles sont généralement connectées sur des mini-réseaux locaux, alimentés par un groupe électrogène (gasoil).
Le projet proposé permet la diffusion de kits photovoltaïques fonctionnant à l'énergie solaire, pour la production d'électricité à usage domestique (éclairage, radio, etc).
Le coût moyen d'un kit est de 880 € tandis que le coût supporté par un foyer pour être connecté au mini réseau est de l'ordre de 300 à 450 € (donc moins cher). Il existe donc une barrière initiale financière pour ces familles pour passer au photovoltaïque.
Le scénario le plus probable est que les foyers continueront à consommer l'électricité des groupes électrogènes qui sont émetteurs de GES.
Le **MDP** et **la vente des crédits qu'il génère permettent de lever cette barrière financière** en subventionnant la différence de coût d'investissement auprès des familles et en favorisant l'acquisition du kit photovoltaïque. **Ce projet permet une réduction d'émission de GES et est additionnel**.

L'additionalité des projets est **un point central des critiques faites au MDP**. En effet, on reproche à de nombreux projets de ne pas être additionnels. Ainsi dans certain cas, on considère que les activités mises en place au sein du projet MDP auraient eu lieu de toute façon et sans l'incitation de la finance carbone (mesures d'efficacité énergétique, retraitement des déchets par exemple).

Règles de fonctionnement

Intervenants

Le fonctionnement du MDP est permis par des organes de gouvernance MDP et fait intervenir le pays hôte du projet. Des **entités spécifiques ont été créées** :

Les intervenants du MDP	Qui ?	Pour quel rôle ?
Les organes de gouvernances	Le Conseil Exécutif (CE) (Mandaté par l'UNFCC)	- Supervise la mise en place du MDP, enregistre les projets MDP, délivre les URCE. - Accrédite les Entités opérationnelles Désignées (ci-après)
	Les Entités Opérationnelles Désignées (EOD)	- Organisations privées agrées EOD par le Conseil Exécutif, - Valident et vérifient des projets MDP, - Assurent l'information du public.
Le pays hôte	L'Autorité Nationale Désignée (AND)	- Mise en place par le pays hôte, ayant ratifié le Protocole. - Détermine les critères de développement durable propre au pays et contrôle le processus d'approbation du projet.

Typologie

La CNUCCC a classé les méthodologies et les projets MDP selon leurs domaines d'application et leurs échelles. **Trois catégories ont été définies:**

- **Projet MDP**
Cette catégorie de projet regroupe principalement des projets de grande envergure (par opposition à la catégorie suivante) et correspond au mécanisme initialement décrit lors des accords de Marrakech.

- **Projet MDP de petite échelle (« small scale project »).**
Cette catégorie a été créée postérieurement et suite aux critiques émises sur la complexité du MDP. Elle a pour objectif de simplifier les procédures initiales jugée trop lourdes et rédhibitoires pour des projets d'ampleur moindre. Calculs des réductions et plans de surveillance sont moins lourds à mettre en œuvre. La validation du projet, puis la vérification et la certification, sont réalisées par une seule EOD.
La catégorie « small scale » s'avère plus adaptée pour les projets portés par des opérateurs de développement (ONG, institutions, agence de coopération technique)

- **Projet de boisement, reboisement**
Le MDP « forestier » inclus les activités de boisement et reboisement uniquement. Ils ne prennent pas en compte les projets de lutte contre la déforestation. Les MDP forestiers génèrent des crédits dits « temporaires ».

Cycle de projet

Les procédures de validation et d'enregistrement d'un MDP constituent un processus long et complexe, mais relativement balisé. Le porteur de projet doit suivre 5 étapes obligatoires à l'issue desquelles il peut valoriser des URCE :

Etape 1
Ecriture d'un Document de description de Projet (« Project Design Document, PDD »)
Document standard à soumettre à l'agrément du Conseil Exécutif.
Il contient les informations clés pour le calcul des réductions d'émissions.



Etape 2
Approbation par l'Autorité Nationale Désignée
L'AND examine le projet. Il doit être compatible avec les priorités de développement du pays hôte.
Le porteur de projet et le pays hôte conviennent d'un accord sur le partage des futurs crédits.



Etape 3
Validation du projet par l'Entité Opérationnelle Désignée (EOD)
Le porteur du projet choisit une EOD accréditée et retient ses services pour la validation du projet. (Examen du PDD). L'EOD formule ensuite une demande d'enregistrement du projet auprès du Conseil Exécutif.



Etape 4
Enregistrement définitif du projet
Après examen du rapport de validation, le Conseil Exécutif décide d'enregistrer ou non le projet comme MDP.



Etape 5
Surveillance, Vérification et Délivrance des URCE
La vérification des réductions d'émissions du projet est assurée par une EOD.
Le Conseil Exécutif délivre un volume d'URCE équivalent aux réductions d'émissions constatées.

Durée de délivrance des crédits

Pour les projets **MDP** « **classique**» et de « **petite échelle** », la période de délivrance d'URCE est choisie par le porteur de projet parmi 2 possibilités :
- **Période de 10 ans non reconductible**
- **Période de 7 ans reconductible 2 fois**. Dans ce dernier cas, le scenario de la ligne de base doit être recalculé à l'issue de chaque période.

Pour les projets **MDP forestiers** la durée de projet peut être de **30 ans non reconductible** ou de **20 ans reconductible deux fois** nécessitant un calcul de la ligne de base après chaque période.

Bilan et limites du MDP

Un bilan sur les MDP réalisé par la Banque Mondiale en 2007[1] montre que **les projets restent principalement concentrés dans les pays émergents** tels que l'Inde, la Chine, le Brésil. **Ils profitent encore peu aux pays les moins avancés (PMA)**, notamment les pays africains qui représentent, en 2006, 3 % des ventes d'URCE.

Toujours d'après cette étude, les projets de destruction des gaz fluorés industriels représentent 34 % des crédits URCE commercialisés, suivis des projets de destruction de protoxyde d'azote (N2O) représentant 12 %. Les projets pour l'utilisation d'énergie propre (hydroélectricité, solaire, biomasse énergie, éolien etc) en représentent 16 %. Ceci est en augmentation par rapport à l'année précédente (2005) où ils représentaient 10 %. Enfin les projets d'efficacité énergétique et de changement de combustible (« fuel switch ») passent de 1 % à 9 % de 2005 à 2006.

1. State and trends of the Carbon Market, 2007. Banque Mondiale

Le faible accès des PMA aux MDP s'explique par **des procédures qui restent longues, complexes et coûteuses**, des données exigées pour les méthodologies du MDP (cf. encadré p18) qui sont peu disponibles dans la majorité des pays et les exigences très élevées en terme de comptabilisation des émissions. **Les coûts de transactions du MPD sont trop importants et discriminent de plus les projets de petite taille** qui ne bénéficient pas d'économies d'échelle.

Le MDP est également critiqué en raison de son faible impact en terme de développement durable et de transfert de technologies vers les pays hôtes, étant davantage tourné vers d'importants programmes industriels de grande échelle. **L'additionalité de certains projets est ainsi difficile à démontrer**.

DES MÉCANISMES DE FLEXIBILITÉ DE KYOTO À LA FINANCE CARBONE

Marché d'échange des gaz à effet de serre dans le cadre Kyoto

Pour **aider les pays industrialisés ayant des objectifs de réduction à les atteindre**, une monétarisation des GES a été imaginée, avec la création **d'un « marché de gaz à effet de serre »**. Ce marché confère une valeur marchande aux GES. Un pays peut ainsi convertir la partie non utilisée de ses droits d'émissions en « permis d'émissions négociables » et les vendre à des pays ayant dépassé leurs niveaux d'émissions. Cet échange peut également avoir lieu entre des entreprises ayant des objectifs de réduction au sein d'un même pays.

Des marchés d'échange contraignants se sont donc développés dans plusieurs pays signataires du protocole de Kyoto. Ainsi, **la tonne de carbone issue des MDP est une des monnaies d'échanges possibles parmi d'autres sur ces marchés**.

L'Union Européenne a ainsi mis en place le marché EU ETS (European Union Emission Trading System) pour atteindre les objectifs de réduction fixés à 8 % (2008-2012). Il est effectif depuis le 1er janvier 2005 et concerne environ 12 000 sites industriels émetteurs de gaz à effet de serre en Europe. Les entreprises se voient attribuer des quotas d'émission au travers des Plans Nationaux d'Attribution des Quotas (PNAQ) et peuvent échanger des quotas. Les entreprises peuvent recourir aux URCE pour remplir une partie de leurs quotas d'émissions. Cependant ce recours est plafonné et elles doivent également prendre leurs dispositions pour réduire leurs propres émissions. Une entreprise qui ne respectera pas ses engagements se verra attribuer une pénalité par tonne de CO_2 émise en plus de son quota.
Le Japon, l'Australie, la Nouvelle Zélande réfléchissent aujourd'hui eux aussi à la mise en place de ces marchés.

Les prix de vente des URCE sur le marché officiel fluctuent énormément sur les différents marchés d'engagement contraignants. Par exemple, sur le marché européen (EU ETS), l'attribution de permis d'émissions trop important aux entreprises en 2007 à causé la chute du cours des URCE. Apres avoir connu une envolée au dessus de 20 Euros, la tonne de CO2 s'échangeait ainsi autour de 0,2 Euros en Mai 2007. Avec l'entrée en vigueur des engagements du protocole de Kyoto au 1er Janvier 2008, la distribution du nombre de permis d'émissions a été réduite de 7 % pour l'année 2008. Les échanges de crédits au sein du marché ont eu lieu début 2008 au dessus de 20 Euros.

En 2007, le volume total des transactions d'URCE était de 551 millions de tonnes de CO_2 équivalent correspondant à une valeur estimée à 7,4 milliards de dollars. Les flux financiers liés aux transactions de carbone sont donc considérables et bien que les réductions d'émissions aient été créées dans les PED, ceux-ci n'en reçoivent que trop peu les bénéfices.

Emergence du marché d'échange volontaire et de la notion de « compensation »

Parallèlement à la mise en œuvre du protocole de Kyoto, un nombre croissant **d'entreprises, de particuliers et d'acteurs publics se sont engagé volontairement à compenser les gaz à effet de serre qu'ils émettent**. Les marchés d'échange volontaire ont ainsi vu le jour.
Ils consistent en des mécanismes d'échange de crédits-carbone principalement non liés à une règlementation internationale. Sur ces marchés, des individus ou des organisations achètent des **Unité de Réduction d'Emission Vérifiées (URVE)** à des projets de réductions d'émission de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone. Ces URVE servent à compenser les émissions des acheteurs. Une petite part d'URCE est commercialisée sur ces marchés, pour des acheteurs qui souhaitent compenser par des crédits provenant du marché officiel.

A la différence des marchés d'engagement contraignant, les **acheteurs des marchés volontaires n'ont pas d'obligation de réduction d'émissions** et achètent des crédits carbone essentiellement pour des raisons d'éthique ou d'image de marque. Le marché volontaire permet de financer des projets non compatibles avec le cadre méthodologique du MDP, souvent plus petits, divers et parfois innovants. Les réductions d'émissions commercialisés ou échangées sur ces marchés proviennent de projets mis en œuvre dans les Pays du Sud (comme le MDP) ou de projets mis en œuvre dans des pays non signataires du protocole de Kyoto (Etats-Unis, Australie jusqu'en 2007).

Considérons à titre illustratif une entreprise américaine du secteur de l'industrie. Elle décide de mettre en place un système de cogénération pour produire une partie ou la totalité de l'électricité permettant l'éclairage de ses bâtiments. Ce système lui permet de réduire ses émissions de GES en produisant elle-même une partie de son électricité ; réduisant globalement sa consommation d'énergie fossile. Cette entreprise n'a pas d'objectifs dans le cadre du protocole de Kyoto car son pays d'origine n'en est pas signataire. Elle valorisera la réduction de ses émissions à titre d'une démarche volontaire dans le cadre par exemple du marché d'échange volontaire CCX (cf. ci-après). L'idée de cette entreprise est de faire preuve de volontarisme en terme de réduction d'émissions et de préparer un éventuel engagement contraignant si les Etats-Unis signent le protocole et se voient un jour fixés eux aussi des objectifs de réduction dans le cadre de Kyoto.

Une second illustration est le cas d'une Organisation de Solidarité Internationale (OSI) menant un projet d'installations de 5 microcentrales électriques dans un pays en développement (puissance de chaque centrale de l'ordre de 10 kW) permettant une économie par centrale d'une centaine de tonnes équivalent carbone. Cette OSI pourra valoriser des réductions d'émission en suivant un cadre méthodologique plus simple et moins couteux que celui du MDP, qui n'est pas approprié. Elle pourra commercialiser quelques tonnes sur le marché volontaire de compensation (particuliers, entreprises souhaitant compenser leurs émissions) et obtenir un complément de financement pour son projet. Si sa connaissance de la finance carbone est limitée, l'ONG s'adressera par exemple à un organisme intermédiaire qui se charge de la démarche méthodologique, de la valorisation et de la commercialisation des réductions d'émissions.

Un marché en cours de structuration

Un centre majeur d'activité du marché d'échange volontaire est le Chicago Climate Exchange (CCX), dont le volume de négociation a dépassé les **11 millions de tonnes de réduction d'émission depuis le début de ses activités en 2003**. Le CCX est le marché prédominant en Amérique du Nord et compte parmi ses membres certains États, gouvernements municipaux et entreprises privées. Ils ont tous volontairement pris l'engagement de réduire leurs émissions de GES en moyenne de 4 % sur la période 1998-2001 pour la première phase (2006), et de 6 % pour la deuxième phase se terminant en 2010.

Les organismes de compensation sont apparus avec les marchés d'échange volontaire. Ils jouent le rôle d'intermédiaire entre les porteurs de projet et les acheteurs finaux (souhaitant compenser leurs émissions). Les organismes de compensation peuvent au besoin apporter un appui méthodologique aux porteurs de projet pour la valorisation des réductions d'émissions. Ils présentent ensuite un portefeuille de projets de compensation auprès de leurs acheteurs (particuliers, entreprises, institutions, etc).
Leurs activités reposent sur la sensibilisation du grand public au changement climatique et à la solidarité international. Beaucoup se sont spécialisé auprès des particuliers pour la compensation de leurs transports aériens. Ces organismes de compensation sont de plus en plus nombreux en Europe (My Climate, Climate Care, Action Carbone, CO_2 Solidaire), aux Etats-Unis (Carbon Fund, Terra Pass), en Australie (Climate friendly), au Canada (Off setters) etc.
Les pouvoirs publics ou des membres de la société civile de plusieurs pays ont souhaité veiller à un contrôle de la qualité des projets présentés en offre de compensation. Des réglementations sont progressivement mises en place. On peut citer la charte des compensateurs en France, par exemple (démarche menée par l'*ADEME*).

Les marchés volontaires ne sont pas réglementés comme les marchés d'échange contraignant; les règles du jeu peuvent être très diverses. Ainsi, la faible qualité de certains projets soutenus, la variabilité des prix des crédits carbone, enfin le manque de transparence des dispositifs projet à l'origine des crédits ou de l'unicité des crédits carbone, sont à l'origine de nombreuses critiques sur cette démarche. Il existe aujourd'hui **une grande hétérogénéité des réductions d'émission commercialisées** sur le marché volontaire.

Par souci d'une meilleure transparence et traçabilité des crédits, **différents labels de qualité et des standard d'accréditation ont été élaborés**. Ils permettent une meilleure garantie de qualité des produits et l'émergence d'un véritable marché.

Parmi ces standards, on peut citer :
- « Voluntary Gold Standard », porté par l'organisation *WWF* et 54 ONG principalement environnementales. Il est également développé pour les projets MDP ;
- « Voluntary Carbon Standard », (VCS) développé par les acteurs de la finance carbone : Climate Group, IETA, le WBCSD etc. ;
- « Voluntary Emision Reduction + » (VER +) porté par Tüv Sud ; une Entité Opérationnelle Désignée allemande ;
- Etc.

Les prix de vente des crédits carbone sur le marché volontaire fluctuent donc énormément d'un projet à l'autre et sont intimement liés à la qualité du projet de réduction des émissions. Une fourchette indicative de **prix de vente de la tonne de carbone est de quelques euros à une centaine d'euro**.

Les transactions sur le marché volontaire portent sur des montants très inférieurs à celui des marchés d'échange contraignant. Ces échanges représentent **une dizaine de millions de tonnes de CO_2 équivalent et 50 millions de dollars en 2006**. En revanche, elles tendent à se multiplier avec un foisonnement d'initiatives qui reflète la prise de conscience. Les différentes estimations et projections rassemblées témoignent de l'émergence de ce marché dont le volume, c'est-à-dire la quantité de crédits carbone qui y sont échangés, double en moyenne chaque année depuis 2004.

Selon le groupe de conseil ICF international, le marché des réductions volontaires des émissions en GES devrait passer de seulement 20 millions de tonnes CO_2eq en 2006 à plus de 220 millions en 2012.

Valorisation et enregistrement des URVE

La méthodologie de valorisation de réduction d'émission pour un projet visant le marché d'échange volontaire est calquée sur celle du MDP. Les méthodologies d'élaboration du scénario de référence, de validation et de surveillance, développées pour le MDP peuvent être réutilisées telles quelles ou adaptées selon le cas.
Les étapes clés et obligatoires sont :
- L'écriture du « Project design document » : Etape 1 du cycle de projet MDP ;
- Le suivi des réductions d'émissions : Etape 5 du cycle de projet MDP.

Lorsque le projet vise un standard d'accréditation pour ses crédits carbone, cela signifie généralement l'implication d'acteurs supplémentaires (organisme de standard et organismes certificateurs). Par exemple, le standard VCS impose la vérification du « Project Design Document » (PDD) et l'établissement de rapports de vérification par une organisation extérieure accréditée Entité Opérationnelle Désignée dans le système MDP.

L'inscription des URVE dans un registre est la garantie de leur unicité et est un passage obligé d'un point de vue éthique. Elle est souvent requise par les standards d'accréditation qui mettent en place leur propre registre. **Ainsi le standard TUV SUD a crée le « Blue Registry »**, registre accessible pour tous sur internet, garantissant une transparence.

D'autres acteurs ont créé des registres comme la Banque de New York (Bank of New York, BoNY) où les procédures d'enregistrement et de transferts de crédits carbone sont en cours de définition. En France, la Caisse des Dépôts a également ouvert un registre.

OPPORTUNITÉS POUR LES OPÉRATEURS DE DÉVELOPPEMENT

La finance carbone, un levier financier potentiel

Les programmes mis en place par les acteurs impliqués dans le domaine du développement et de la solidarité présentent souvent **des actions et des pratiques favorisant l'atténuation au changement climatique sans mention toujours explicite de cet objectif**. En effet, lorsque ces acteurs interviennent dans les domaines des énergies renouvelables, de l'économie d'énergie ou de la séquestration du carbone ou le changement d'usage des sols (agroforesterie, agriculture); leur action contribue effectivement à la lutte contre le changement climatique et ont généralement un caractère social marqué du fait de leur mandat de solidarité.

Quelques ONG de développement ont suivi les procédures et ont enregistré des projets MDP auprès de la CNUCC. La dimension de leur projet et les quantités de réduction d'émission étaient suffisamment importantes pour justifier cette démarche (à titre tout à fait indicatif, cela concernerait par exemple une réduction de 3000 t CO_2 équivalent par an). D'autres ONG, dont les projets sont de dimensions moins importantes, visent plutôt le marché volontaire, dont les coûts de transaction sont moins importants et qui est plus adapté pour des projets générant un nombre limité de réduction d'émissions. (par exemple 500 à 1000 t CO_2 équivalent par an).

Pour un « carbone » plus social, de haute valeur ajoutée

Dans la plupart des cas, **les projets de développement et de solidarité sont particulièrement additionnels** (au sens du MDP). C'est-à-dire qu'au-delà de la simple réduction des émissions, **ils contribuent au développement économique de la zone ou ont des retombées sociales (santé, éducation) importantes.**

Le projet de diffusion de foyers améliorés au Cambodge mené depuis 1997 par le GERES et ses partenaires en est un exemple parmi d'autres.

Un foyer de cuisson performant, (économie de charbon de bois de 25 %) a été proposé en remplacement du foyer traditionnel aux familles cambodgiennes. Il est tout à fait similaire en apparence à un foyer traditionnel. Son prix est un peu plus élevé, mais le surcoût est rapidement compensé par l'économie de combustible. Sa fabrication est relativement simple et fait appel aux savoir-faire et aux matériaux locaux.

Ce projet est éligible à un MDP et au marché volontaire. En effet, dans le cas du Cambodge, il permet de réduire la consommation d'un combustible dit non renouvelable (charbon de bois issus d'une forêt non replantée par exemple) et donc la réduction d'émissions de CO_2. Les réductions d'émission de CO_2 ont été estimées pour ce projet au Cambodge à 314 000 t. CO_2 équivalent (fin 2006), correspondant à 151 448 familles équipées du modèle économe.

La formation des petits fabricants de fours a permis un transfert de savoir-faire puis la diffusion à grande échelle de ces nouveaux foyers. Cette nouvelle filière économique apporte des revenus ou une économie d'argent à tous les acteurs : du fabricant, à l'utilisateur final en passant par les intermédiaires de vente et les détaillants. La diminution de consommation de bois réduit la quantité de fumées toxiques inhalées par les cuisinières lors de la préparation du repas. Elle réduit également le temps de collecte du bois généralement assurée par les femmes et les enfants.

Cet exemple démontre que les retombées du projet autres que celle de la réduction d'émission sont très importantes. **Ce projet apporte des bénéfices économiques, sociaux et s'inscrit de manière pérenne au Cambodge**. Il génère des réductions d'émission de haute valeur ajoutée, notamment sur le marché volontaire ou les acheteurs sont particulièrement intéressés par des projets présentant une qualité environnementale, sociale et économique.

L'approche communautaire et de développement local des ONG, faisant usage **de technologies simples et visant les populations les plus pauvres** a donc elle aussi une place à trouver au sein de la finance carbone. **La notion de carbone « social » prend ici tout son sens**.

Précautions

Enfin, il est important de rappeler que **la finance carbone reste un outil parmi d'autres pour engager des projets de solidarité internationale**. Dans le cas du marché volontaire de compensation, elle permet également de sensibiliser les particuliers et les entreprises et de les impliquer dans des actions de solidarité Nord-Sud.

Le recours à ce type de financement ne constitue cependant pas une fin en soi pour les acteurs du développement et de la solidarité qui mènent et mèneront sur le long terme des actions dans un objectif plus large de lutte contre la pauvreté. **La finance carbone peut apporter un complément intéressant de financement ou un outil de plaidoyer supplémentaire**. Réciproquement, **les acteurs qui compensent** (Etat, entreprises, particuliers, etc.) et sont en partie à l'origine de ces financement **doivent privilégier une réduction de leurs propres émissions** avant de songer à compenser ce qui doit l'être inévitablement.

« Project Design Document » (PDD) et méthodologies MDP

Le PDD est un document standard à soumettre à l'agrément du Conseil Exécutif. Il contient les informations clés pour le calcul des réductions d'émissions :

- Le scénario de référence des émissions (« baseline scénario »). C'est le scénario des émissions futures le plus probable en l'absence de tout projet MDP (« business as usual »). Il est établi à partir de méthodologies d'élaboration du scénario de référence, de validation et de surveillance (cf encadré méthodologie ci après)
- Un plan de surveillance des émissions (donc des réductions) du projet
- Une étude d'impact du projet sur l'environnement, et les commentaires reçus lors de la consultation des parties prenantes locales

Les méthodologies d'élaboration du scénario de référence, de validation et de surveillance, elle constitue un « mode d'emploi » pour le porteur d'un projet MDP. Elles permettent de faires le calcul des réductions d'émission.

Une fois approuvées par le Conseil Exécutif, elles peuvent être utilisées pour d'autres projets MDP relevant du même domaine. Lorsqu'aucune méthodologie MDP ne convient, un porteur de projet en soumet une nouvelle. Les méthodologies approuvées et en cours d'approbation sont consultables en ligne sur le site internet de la CNUCCC (www.unfccc.org).



CLÉS DE COMPRÉHENSION

Avant de poursuivre votre lecture, un rapide décryptage de l'organisation du guide s'impose !

Des fiches présentant des opérations exemplaires

Ces fiches couvrent aussi bien les domaines de l'efficacité énergétique, que des énergies renouvelables, des pratiques agricoles durables, de la reforestation ou de la déforestation évitée.

Pour chaque fiche vous trouverez **4 angles d'approche** de l'opération ou de la technologie en question.

« Comprendre les enjeux »

Quels sont enjeux de développement qui justifient la mise en œuvre de l'opération présentée ;
Quels sont les principes de fonctionnement des technologies ou des pratiques présentées.

« Mener une démarche projet »

Quelles sont les grandes étapes et les caractéristiques d'un projet d'introduction de la technologie ou de pratiques (cibles et durée du projet, compétences requises, domaines d'intervention, modalités de pérennisation, etc.)

« Contribuer à la lutte contre le changement climatique »

Comment l'opération participe à l'adaptation et à l'atténuation du changement climatique ;
Est-elle éligible à un Mécanisme de Développement Propre (MDP) et/ou au marché d'échange volontaire ; Quel est l'ordre de grandeur des réductions d'émissions.

« Etude de cas»

L'occasion de se pencher sur un pays du Sud et de découvrir un projet en cours ou déjà réalisé ; de connaitre un opérateur de projet de développement et ses partenaires.

LA CUISSON DOMESTIQUE DANS LES PAYS DU SUD
Un enjeu majeur de développement et un enjeu environnemental

MENER UNE DÉMARCHE PROJET
Étude de faisabilité

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE
Enjeux

ÉTUDE DE CAS
INTRODUCTION DE DISPOSITIFS SOLAIRE-PASSIF DANS L'HABITAT EN AFGHANISTAN
Projet financé par : Commission Européenne
Opérateur : GERES
Partenariat : MADERA
Date réalisation : 2007
Budget : 175 000 €
Nb de bénéficiaires : 50 familles bénéficiaires directes

Un glossaire auquel se référer

Le vocabulaire employé est parfois complexe. Un glossaire a donc été créé pour une meilleure compréhension des fiches. Vous y trouverez les mots clés et une liste des acronymes. Les mots figurant en italique sont explicités dans le lexique, n'hésitez pas à vous y reporter !

Adventices
Andains
Atténuation

Les unités de mesure de l'énergie : RAPPEL !

Il sera régulièrement fait mention d'unités de mesure de l'énergie dans l'ouvrage. Il s'agit donc de comprendre les différentes grandeurs utilisées pour évoquer des installations énergétiques, l'efficacité énergétique, la puissance d'un panneau solaire, etc.
L'unité légale utilisée pour l'énergie est le **joule (J)** : travail produit par une force de 1 Newton dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force. L'énergie qui est fournie à un système durant une unité de temps pour effectuer un travail est la puissance. La puissance est exprimée en **Watt (W)** : puissance d'un système énergétique dans lequel est transférée une énergie de 1 joule pendant 1 seconde.

On trouvera cependant plus fréquemment des données exprimées en **Watt heure (Wh)** ou même en kilo Watt heure (kWh) soit 1000 Wh. Le Watt heure correspond à l'énergie produite pendant une heure par un système d'une puissance de 1 Watt soit 3 600 joules.
Dans le cas de systèmes électrique solaires, on trouvera, le watt-crête (Wc), unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation pour un ensoleillement standard de 1000 Watt par m^2 à 25°C.

SECTION I

ENERGIE À USAGE DOMESTIQUE

Les populations des pays du Sud connaissent un accès irrégulier et limité à l'énergie. Celle-ci est pourtant une composante essentielle du développement d'activités économiques et s'avère indispensable au niveau domestique pour la vie quotidienne (éclairage, accès à l'eau, cuisson). Les ménages les plus pauvres y dépensent jusqu'à 30 % de leur budget sans compter le temps de collecte du bois pour la cuisson, le chauffage.
La biomasse représente la source d'énergie largement majoritaire car elle est généralement d'accès gratuit ou peu coûteux et est employée pour des besoins essentiels comme la cuisson, le chauffage, etc. Or, l'usage croissant de la biomasse énergie a un impact environnemental sur les écosystèmes.
L'objet de cette section est d'introduire des exemples d'opérations ou de technologies qui permettent un accès durable à l'énergie domestique et qui rendent son utilisation plus efficace.

SOURCES D'ÉNERGIE ET CONTRAINTES ASSOCIÉES

Usages et sources de l'énergie domestique

L'énergie est omniprésente dans la vie quotidienne. Elle permet le pompage et la purification de l'eau, la préparation des repas, la conservation des aliments. L'accès à l'électricité et donc à l'éclairage permet d'étudier à la maison ainsi que de suivre des cours du soir, l'éclairage public améliore la sécurité des femmes et des enfants. L'électricité favorise également le développement des systèmes de communication et de loisir (téléphone cellulaire, radio, télévision). Ses multiples usages sont indispensables au développement des pays du Sud.

La biomasse fournit une grande part de cette énergie domestique. On désigne par « biomasses » l'ensemble des matières organiques des organismes vivants des divers écosystèmes et des produits qui en dérivent comme le bois, la paille, la bagasse, les bois de rebus. On parle de biomasses traditionnelles lorsqu'il s'agit du bois de feu et des résidus agricoles et forestiers qui sont destinés à la cuisson et au chauffage domestique. On évoque l'utilisation de la biomasse moderne lorsque l'on emploie des capacités de conversion supérieures à la biomasse traditionnelle (gazéification, pyrolyse, etc.), pour la production d'électricité ou de biocombustibles liquides, les deux permettant d'employer plus efficacement les ressources.

Le bois est la forme usuelle de biomasse énergie et est majoritairement fourni par la forêt. En effet, 70 à 90 % de l'énergie primaire consommée en Afrique sub-saharienne est du bois de feu. Souvent en « libre accès » en zone rurale, le bois est ainsi collecté dans les écosystèmes environnants (savane, forêt…) et parfois transformé en charbon de bois pour une commercialisation en zones urbaines.

Notion de précarité énergétique

Malgré la place prépondérante de la biomasse dans les usages domestiques en termes de consommation d'énergie et malgré les pertes occasionnées lors de son utilisation du fait d'équipements inefficaces, sa part est souvent inversée en termes de dépenses monétaires.

En effet, le recours aux énergies fossiles est plus coûteux et donc plus ponctuel comme par exemple l'utilisation de piles, la charge de batteries sur groupe électrogène, l'utilisation du gaz pour la cuisson, du kérosène pour l'éclairage. L'accès au gaz ou au kérosène se développe lorsqu'il est subventionné par l'Etat.

Les donnés suivantes proviennent d'une étude menée dans 2 provinces du Cambodge. Elles décrivent la typologie des consommations énergétiques des ménages (GERES, PNUD, 2008) et le budget alloué.

Usage de l'Energie		Cuisson		Eclairage/audiovisuel		TOTAL
Source d'énergie		Biomasse	Gaz (GPL)	Electricité	Kérosène	
Conso. énergie par ménage	en kWh/mois	2 248	48	46	13	2 355
	en %	**95,5**	**2**	**2**	**0,5**	**100**

Usage de l'Energie		Cuisson		Eclairage/audiovisuel		TOTAL
Source d'énergie		Biomasse	Gaz (GPL)	Electricité	Kérosène	
Conso. énergie par ménage	en Riel[1]	33 600	14 600	75 620	4 221	128 041
	en %	**26,2**	**11,4**	**59,1**	**33**	**100**

Usage de l'énergie par une famille rurale cambodgienne

Cet exemple démontre que la cuisson représente 97,5 % de la consommation d'énergie des ménages mais uniquement 37,6 % de son budget énergie. A l'inverse, la part consommée en électricité est infime (2 %), elle représente pourtant presque 60 % du budget du ménage.

On parle de précarité énergétique de ces populations dès lors qu'elles considèrent l'énergie domestique comme une variable d'ajustement dans l'économie des ménages. Par exemple, on se chauffe moins, on ne renouvelle pas la recharge de la batterie pour l'éclairage, etc. pour continuer à se nourrir.

De même plus les populations sont éloignées des centres urbains, plus les solutions pour s'éclairer et pour l'audiovisuel sont coûteuses car les systèmes de production sont moins performants (le coût du KWh électrique produit par une batterie peut être de 50 à 100 fois plus coûteux que celui distribué par un réseau électrique conventionnel) ; par contre ces sources d'énergie, pour inefficaces qu'elles soient, présentent l'avantage de la flexibilité dans leur utilisation (pas de frais fixes d'abonnement par exemple).

Les problèmes liés à l'utilisation du bois énergie

Plusieurs contraintes et impacts sont liés à l'utilisation de la biomasse énergie pour les besoins quotidiens (cuisson, chauffage, etc.).

Le temps de collecte du bois augmente la pénibilité du travail, notamment celui des femmes et constitue autant de temps qui ne peut être employé ailleurs (éducation, activités génératrices de revenus, etc.). Les besoins accrus en bois énergie exercent une pression très importante sur les ressources naturelles (forêts, savanes, autres écosystèmes). La collecte intensive conduit à de la déforestation, de la perte de couvert végétal ou de la dégradation des terres. La raréfaction de la biomasse qui s'ensuit signifie une augmentation du temps de collecte ou l'augmentation du prix du charbon de bois par exemple. Enfin, l'exposition aux fumées du feu de bois peut engendrer des maladies pulmonaires graves dès lors qu'elles ont lieu dans des espaces confinés.

Il s'agit donc pour les pays du Sud de réfléchir à une production et une utilisation plus durable de la biomasse énergie.

1. Le Riel est la monnaie cambodgienne, en août 2008, 1000 Riels sont équivalents à 0.17 €

ENJEUX POUR LES ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT

Les objectifs sont multiples pour les acteurs du développement. Il s'agit d'une part de travailler à la réduction des dépenses en énergie de ces populations et/ou à la réduction des travaux de collecte du bois. Le budget et le temps libérés pouvant ainsi être dévoués à d'autres besoins comme l'éducation ou la santé. Il s'agit d'autre part de limiter de l'impact environnemental de l'utilisation du bois-énergie.

Pour cela 2 axes d'actions majeurs apparaissent :

- Favoriser l'introduction d'équipements domestiques économes en énergie

  Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible,
  Fiche 1.3 L'équipement gaz efficace.

- Varier l'offre en proposant des filières durables d'approvisionnement en énergie par :
  - La production de biomasse ou de combustibles tout deux issus de biomasse dite renouvelable

    Fiche 1.1 section Le renouvellement de la biomasse énergie.
  - L'introduction d'équipements domestiques fonctionnant aux énergies renouvelables

    Fiche 1.2 La cuisson solaire,
    Fiche 1.4 Les kits batterie-système photovoltaïque.
  - Un accès à l'électricité adapté aux besoins et à coûts raisonnables sous la forme de mini réseaux

    Section 3 Services énergétiques de proximité.

ENERGIE DOMESTIQUE ET LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Il peut paraitre évident à première vue que le bois énergie constitue une énergie renouvelable. Il provient des végétaux ; or ces végétaux constituent un gisement renouvelable puisqu'il leur suffit de lumière et d'eau pour leur croissance, éléments eux-mêmes disponibles à volonté. Et pourtant, c'est une idée fausse qui reste encore largement répandue.

En effet, lorsque le prélèvement de bois dans les milieux naturels et sa combustion ont lieu à un rythme plus rapide que le renouvellement de la source (une forêt par exemple), on constate que le cycle du carbone est rompu. Un excédent de dioxyde de carbone (CO_2) est libéré dans l'atmosphère. On parle alors d'une « biomasse non renouvelable » qui contribue comme les énergies fossiles à l'émission de gaz à effet de serre et donc au changement climatique. La gestion de la biomasse à usage domestique représente donc bien un enjeu important dans la lutte contre le changement climatique.

De plus, les phénomènes de désertification et de réduction du couvert forestier sont dans certaines régions (Sahel notamment) des manifestations du changement climatique. Il en résulte une raréfaction de la biomasse qui apparaît critique pour des familles dont la source d'énergie principale est le bois énergie. Une utilisation raisonnée et optimisée de la biomasse constitue donc aussi une action d'adaptation.

Deux axes apparaissent pertinents dans la lutte contre le changement climatique et sont aujourd'hui éligibles au *Mécanisme de Développement Propre (MDP)* :
- La réduction d'utilisation d'une source d'énergie fossile ou non renouvelable par l'introduction d'équipements énergétiques efficaces
- La remplacement d'une source d'énergie fossile ou biomasse non renouvelable par une source renouvelable.

Cette éligibilité sera illustrée au travers des différentes fiches.

La cuisson économe en combustible

Le renouvellement de la biomasse énergie

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.2 La cuisson solaire, Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles, Fiche 5.3 Les plantations forestières, Fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable*

Dans les pays du Sud, la cuisson des aliments est une opération quotidienne qui nécessite en moyenne 600 kg de bois par an et par personne. En zone rurale, ce besoin est essentiellement satisfait par l'utilisation de *biomasse énergie*, en particulier du bois, rarement commercialisée. Par exemple, dans les zones rurales d'Afrique, la biomasse représente 80 à 90 % des ressources énergétiques mobilisées pour les besoins de cuisson domestique. La consommation journalière est de 6 à 10 kg par famille, soit 2 à 4 tonnes par an et par famille. Avec 750 millions d'habitants en Afrique, dont on estime que 55 % vivent en zone rurale, c'est 275 millions de tonnes de biomasse qui partent en fumées lors de la cuisson des repas journaliers ou encore 360 millions de tonnes équivalent CO_2 qui sont émis dans l'atmosphère. En zone urbaine, les familles ont recours à l'achat de charbon de bois ou de gaz. L'efficience d'utilisation de ces combustibles est variable selon les dispositifs mais peut, dans tous les cas, être améliorée.

Pour les acteurs du développement, l'intervention se situe à la fois au niveau de l'offre en énergie de cuisson et de la demande. L'offre est constituée par la biomasse sous toutes ses formes, résidus agricoles, bois de taille, charbon de bois, briquettes ; la demande se caractérise par les comportements énergétiques des ménages, les équipements et les niveaux de consommation de l'énergie de cuisson.

Cette fiche présente d'une part les exemples de la diffusion de cuiseurs, dits améliorés, qui ont été développés pour se substituer aux foyers traditionnels et réduire ainsi la consommation de biomasse ; d'autre part, la mise en œuvre de plantations énergétiques permettant de renouveler l'offre en biomasse pour les populations rurales et de satisfaire ainsi leurs besoins en bois de feu tout en limitant la pression sur la forêt.

LA CUISSON DOMESTIQUE DANS LES PAYS DU SUD

Un enjeu majeur de développement et un enjeu environnemental

Dans les zones rurales, la cuisson se fait généralement de manière rudimentaire ; pour les plus pauvres sur le foyer «3 pierres», constitué de pierres posées au sol surmontées d'une marmite, ou bien au moyen de foyers traditionnels fabriqués principalement avec des matériaux locaux.
Pour assurer leur approvisionnement en combustible, les familles achètent du bois et/ou du charbon de bois, elles prélèvent du bois en forêt. Si ce prélèvement est plus important que la capacité de renouvellement de l'écosystème forestier, on parle de *biomasse non renouvelable*. Cela entraîne un phénomène de déforestation. De plus, les équipements de cuisson sont généralement peu performants et occasionnent des pertes d'énergie allant jusqu'à 70 % de l'énergie produite.

La cuisson et la consommation de biomasse énergie q'elle nécessite posent donc le problème de la diversification des sources de biomasse et d'énergie et celui de l'efficience d'utilisation de celles-ci lors de l'opération de cuisson. La raréfaction accélérée de biomasse fait prendre conscience aux acteurs du développement de l'importance de répondre à ces problèmes.

Technologies et opérations limitant l'impact de la cuisson

Le foyer de cuisson dit « amélioré »

Il s'inspire des systèmes de cuisson traditionnels dans sa configuration et son mode d'emploi. Pour les versions les plus simples, il s'appuie sur des principes tels qu'une grille de combustion bien conçue, un volume de chambre de combustion optimal, un passage réduit sous la marmite pour favoriser le transfert thermique des flammes produites. Le seul fait d'optimiser ces paramètres internes permet d'économiser de 15 à 30 % de bois ou de charbon par rapport à un foyer de cuisson traditionnel pour un même service rendu. Le surcoût à l'achat est alors faible. Ce type de foyer a connu une large diffusion en milieu urbain, les acheteurs appréciant les économies réalisées.



Foyer 3 pierres, Benin

Suivant son mode d'utilisation, on parle de foyers de cuisson individuels ou collectifs. La diffusion de ces foyers est particulièrement stratégique dans des zones où la ressource en bois est rare, telles que les zones sahéliennes, ou dans des zones subissant une déforestation accélérée.



Fabrication d'un foyer de cuisson domestique, Cambodge

Les plantations énergétiques

Cette opération mise en œuvre en amont consiste en la plantation d'espèces ligneuses (arbres) à croissance rapide dans le but de fournir du combustible aux communautés avoisinantes de manière régulière et sur plusieurs années.



Stockage du bois combustible, Cambodge

Plusieurs approches sont possibles :

- Plantations familiales à caractère privé (agroforesterie)

Ces plantations peuvent comporter des espèces à usage à la fois énergétique et alimentaire. Elles visent l'optimisation du système agraire local par des techniques d'association de cultures (poivre sur noix d'arec, betel sur sesbania, etc.).

- Plantation au sein de communautés forestières

Il s'agit de plantations communautaires dimensionnées selon les besoins en biomasse du groupe aussi bien pour les activités domestiques que pour les activités artisanales.

- Plantation sur espaces libres publics non valorisés (terrains communaux, bords de route, ...)



Haies au Cambodge, un fort potentiel « bois énergie »

Les espèces les plus communément plantées sont l'Acacia (Acacia auriculiformis), le Leucaena (Leucaena leucocephala), le Cassia (Cassia siamensis), le Gliricidia ou encore le Sesbania. L'eucalyptus rencontre de vives critiques pour le caractère dominant voire la tendance invasive de cette espèce sur les écosystèmes dans lesquels il est implanté.
La mise en place d'une plantation commence par les pépinières généralement installées avant la saison des pluies pour une durée de quelques mois. Il est préférable de sélectionner des espèces tolérantes aux contraintes environnementales locales (broutage sauvage, sécheresse, inondations, type de sol). Les plants sont ensuite transplantés en plein champ. Des techniques de taillis sont parfois pratiquées afin d'augmenter la productivité des plantations. Des rotations de 5 à 10 ans sont adoptées suivant la fertilité des sols.
Ces plantations fournissent une biomasse dite renouvelable puisqu'elle provient d'arbres cultivés sur une parcelle agricole par opposition à une biomasse prélevée dans une zone forestière non replantée par la suite (non renouvelable).

Enjeux pour les acteurs du développement

Influence en amont sur les politiques publiques

Cette influence vise une meilleure gestion du bois énergie qui régule par exemple le droit de prélèvement dans la forêt, ou propose l'introduction de plantations énergétiques. La création de communautés forestières est également une mesure de politique forestière qu'il s'agit d'encourager. Les communautés forestières sont des communautés locales qui ont passé un contrat avec l'Etat en relation avec un cadre réglementaire national sur la forêt. Elles obtiennent une concession de plusieurs années (autour de 15 ans suivant les pays) et sur une zone forestière donnée. Les communautés forestières ont un cahier des charges précis de gestion de l'espace qui implique notamment l'obligation de planter des essences forestières exclusivement. Il s'agit d'un processus de décentralisation de la gestion forestière.

La diffusion de foyers améliorés

Elle peut avoir lieu dans un contexte d'urgence dans des zones où la collecte du bois est peu sécurisée et où l'usage de bois de feu est limité. Elle peut également être appropriée pour des organismes impliqués dans la santé ou l'éducation qui travaillent avec des structures proposant une restauration collective (écoles, hôpitaux). Les foyers permettent de réduire la facture énergétique de ces structures.

L'appui à la création de plantations énergétiques et à la mise en place de procédés efficaces de *carbonisation* du bois

(cf. fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable)
Ces actions jouent sur l'offre en combustible. Elles limitent les impacts de la production de combustible sur la forêt. Cet appui peut constituer le volet d'un projet plus général d'agroforesterie pour lutter contre la déforestation.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Étude de faisabilité

La question de la cuisson est à considérer dans sa globalité ; le diagnostic porte à la fois sur l'offre en énergie de cuisson et sur la demande. L'objectif est de les mettre en adéquation et d'évaluer ainsi la pertinence et les modalités d'une action dans ce domaine.

Etude des besoins et pertinence

Pour évaluer la pertinence de l'introduction des foyers améliorés au niveau d'un territoire, il est nécessaire d'analyser la demande en énergie de cuisson. Cette analyse caractérisera les comportements énergétiques, les équipements, les niveaux de consommation de la zone d'implantation potentielle.
L'analyse de l'offre cherchera à caractériser la biomasse utilisée pour la cuisson (essences forestières, arbustes, déchets agricoles, bouses, autres déchets), son niveau de productivité annuelle, son mode de collecte (saisonnalité, outils) et de stockage, les quantités par essences identifiées. L'objectif sera d'identifier les sources insuffisantes et les besoins.
Ces études d'offre et de demande devront mettre en évidence les freins potentiels de développement, ceux liés à la cuisson et ceux liés à l'approvisionnement en biomasse ; elles étudieront également les impacts environnementaux des pratiques actuelles.

Dimensionnement d'un projet

Il s'agira d'estimer le nombre de familles concernées et le type d'équipement répondant aux besoins, en tenant compte des savoir-faire locaux, des matériaux disponibles et du mode de diffusion approprié. Dans le cas des plantations énergétiques, l'étude indiquera l'espèce appropriée pour la plantation, le nombre d'hectares disponibles, les possibilités d'association avec les cultures de la zone étudiée.

Intérêt d'allier diffusion d'équipements de cuisson performants et plantations énergétiques

Il est admis que les besoins énergétiques liés à la cuisson domestique (zone urbaine ou rurale) ne cesseront de croître dans les années futures (croissance démographique, hausse du coût des énergies fossiles). Réduire d'environ 30 % cette consommation peut être une réponse à court terme, mais la consommation globale remontera au même niveau du fait de l'augmentation du nombre de familles cuisant au bois. L'impact environnemental restera donc identique à la situation initiale s'il s'agit d'une biomasse non renouvelable. Par contre, allier la diffusion de nouveaux équipements à une stratégie de production de biomasse renouvelable permettra de réduire de manière durable l'impact environnemental (maintien des forêts, réduction des GES).

Accompagner la diffusion de foyers améliorés

Cibles :

Foyers individuels, cuisines des collectivités, etc.

Fonctionnalité, performances de l'équipement :

Les matériaux qui composent un foyer amélioré et les techniques de fabrication varient avec la zone géographique en fonction des composants et des savoir-faire disponibles. Les matériaux généralement utilisés sont l'argile réfractaire, le sable, les tôles métalliques d'habillage. Les performances énergétiques et la durée de vie sont identiques à celle d'un foyer traditionnel, tandis que l'économie de bois se situe entre 25 et 30 % selon les cas. Cependant, il faut noter qu'il existe toujours un décalage entre ces performances en situation réelle et celles testées en laboratoire qui se révèlent souvent meilleures.

Maturité technologique :

La mise au point d'un foyer de cuisson amélioré basique (combustion montante sur grille) est aujourd'hui relativement maîtrisée au niveau technologique. Des modèles ont été ainsi largement diffusés en milieu urbain des pays du Sud.
L'appropriation par les familles rurales rencontre par contre plus de barrières, les solutions ne semblant pas toujours adaptées au contexte. En effet, l'intérêt premier n'est pas l'économie monétaire car le combustible est gratuit dans ces contextes ; l'intérêt réside plutôt dans les services rendus au regard du coût d'acquisition (face au foyer traditionnel généralement autoconstruit à coût nul). Ainsi, il s'agit de mettre en avant que le cuiseur amélioré simplifie l'opération grâce à son ergonomie et que le temps de cuisson est plus rapide.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de mise au point technologique :
Des exemples sont recherchés sur des dispositifs identiques, des essais sont faits en laboratoire pour la mise au point des innovations et améliorations.

- Volet de diffusion :
Cette diffusion passe par la formation des fabricants de foyers traditionnels à la production de nouveaux modèles, et l'appui à la création de réseaux commerciaux (revendeurs et distributeurs).

- Volet de commercialisation :
Il vise l'accompagnement des grossistes et des détaillants dans la commercialisation des foyers et la négociation d'une marge équitable pour tous les acteurs de la filière. Il est préférable pour la viabilité de la diffusion de ne pas subventionner l'achat. Une campagne de promotion auprès des usagers est menée en parallèle.

Durée de projet :

La mise en œuvre de projets de diffusion d'équipements de cuisson améliorés dépend des stades de diffusion. Il est recommandé de réaliser une étape pilote pour démontrer la faisabilité dans une zone géographique limitée et sur une période qui ne dépasse pas trois ans.

Rendre la diffusion d'un foyer amélioré plus large que celle de son équivalent traditionnel sur une zone étendue (province, pays) necessite un travail de 10 à 15 ans avec un accompagnement régulier (qualité production, contrôle diffusion, promotion).

Compétences requises de l'opérateur et du/des partenaire(s) :

Technologie des foyers de combustion biomasse, marketing, organisation de filière.

Accompagner la mise en place de plantations énergétiques

Cibles :

Communautés forestières, collectivités

Rendements et performance :

Les rendements et la longévité d'une plantation énergétique sont variables. La durée de la rotation dépend de la fertilité du sol. De plus, chaque espèce a ses propres besoins en termes de qualité de sol, d'eau, de drainage. Enfin, la gestion est déterminante pour les rendements finaux : taillis, plants serrés au début et éclaircis par la suite, fertilisation, etc.
Par exemple, une plantation d'Acacia s'établit sur un cycle de 5-10 ans. Sur sol sableux pauvre, on obtient un volume moyen de bois de 10 m³/ha/an, soit 50m³/ha pour une rotation de 5 ans. Si l'on considère qu'une *stère de bois* pèse 300kg, une plantation d'Acacia sur 5 ans permet la production totale de 15 tonnes/ha. Ces chiffres sont purement indicatifs, les rendements finaux dépendent de nombreux paramètres qui varient selon les zones d'implantation des plantations.

Maturité technologique :

Les essences appropriées, les itinéraires de culture sont généralement maîtrisés. La maturité technologique de mise en œuvre et de conduite d'une plantation énergétique n'est donc pas un véritable obstacle à leur diffusion. La mobilisation des communautés sur ces plantations semble moins évidente, notamment lors du partage des tâches d'entretien des plantations, et pour régler les conflits possibles d'allocation des terres à ces plantations au sein d'une communauté foncière.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de structuration des acteurs :
Le projet débute par la sensibilisation des communautés à la notion de plantation énergétique (ateliers participatifs). Il définit ensuite avec elles la stratégie d'établissement de la plantation; c'est-à-dire les besoins, le type d'espèce, l'identification des terres disponibles, les règles d'accessibilité des bénéficiaires, le plan de gestion de la plantation.

- Volet de formation aux pratiques sylvicoles :
Des formations sont proposées sur les itinéraires techniques sylvicoles, notamment pour l'établissement de pépinières, l'espacement nécessaire entre les arbres, les possibilités de cultures intercalaires, les techniques de taille pour la récolte.

- Volet de suivi des plantations :
Un suivi des résultats des plantations est réalisé pour améliorer leur productivité (taux de mortalité, taux de croissance, remplacement des arbres morts)

Durée de projet :

Les cycles de rotation des plantations énergétiques sont de l'ordre de 5 à 10 ans. Les projets d'appui à la mise en place de plantations s'étalent généralement sur 5 ans assortis de 2 ans pour le suivi.

Compétences requises :

Agronomie et foresterie, approche communautaire, développement rural.

Impacts positifs et négatifs, risques

Economiques et Sociaux

- ⬆ Un meilleur accès à l'énergie grâce à la baisse des coûts d'approvisionnement ;
- ⬆ Un allègement de la charge de travail pour la collecte du bois, spécialement pour les femmes ;
- ⬆ Une consolidation de micro-entreprises par la formation de fabricants de foyers de cuisson ;
- ⬆ La création d'emplois, en zone rurale essentiellement, par un appui à la formation de réseaux commerciaux (revendeurs et distributeurs) ;
- ⬆ Diminution des émissions de particules en suspension et polluants par rapport aux foyers traditionnels, ce qui améliore les conditions de vie de ses utilisateurs ;
- ⬇ Le coût plus élevé d'un foyer amélioré en comparaison avec celui d'un foyer traditionnel dans un contexte de biomasse collectée ;

- La charge de travail supplémentaire pour la plantation énergétique, qui peut entrer en compétition dans le calendrier cultural avec d'autres activités agricoles ;
- Le problème de disponibilité de terres pour la plantation énergétique, risque de conflit entre usage agricole à vocation alimentaire et usage énergie.

Environnementaux

- L'utilisation des foyers améliorés s'inscrit dans une démarche globale de rationalisation de la filière bois-énergie et permet notamment d'atténuer la pression toujours plus importante sur la forêt. Elle participe ainsi à la réduction de consommation d'une biomasse non renouvelable et donc à l'émission de dioxyde de carbone (CO_2), contribuant à la lutte contre le changement climatique.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

Le foyer de cuisson amélioré permet dans certains cas une économie d'usage de *biomasse non renouvelable*, c'est-à-dire du bois prélevé dans un couvert forestier non renouvelé. Il permet donc une réduction d'émission de CO_2. Le foyer de cuisson amélioré a également un impact d'adaptation en évitant la disparition du couvert forestier qui contribue au maintien du sol et donc limite l'érosion.

Les plantations énergétiques sont des cultures pérennes, c'est-à-dire maintenues sur plusieurs années. Elles jouent un rôle d'atténuation par le stockage de carbone dans les parties végétatives qui ne sont pas prélevées comme source de biomasse. Cet aspect sera traité de manière plus générale dans la fiche 5.3 « Les puits de carbone forestiers ».

Valorisation de réductions d'émissions

Les projets de diffusion de foyers améliorés sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), dans le cadre de projets de petite échelle ("small scale project"). Ils font partie des projets de type II. "Efficacité énergétique". La méthodologie AMS II.G "Energy Efficiency Measures in Thermal Applications of Non-Renewable Biomass[1]" donne les méthodes de calcul de réduction des émissions. Ces réductions ne sont comptabilisées que si l'on prouve que le combustible dont on a réduit la consommation provient d'une *biomasse non renouvelable*. Une méthodologie "Improved Cook-stoves and Kitchen Regimes" est en cours de développement pour le marché volontaire à l'initiative de l'organisation *Gold Standard*.

Illustration : diffusion de foyers améliorés au Cambodge

Opérateur : GERES Cambodge
Statut du projet : *Marché d'échange volontaire*
Crédit carbone : *URVE*, selon le *Volontary Carbon Standard (VCS)*
Source d'information : www.geres-cambodia.org.
Comptabilisation des crédits : 2003-2012
Méthodologie : AMS II. "G Energy Efficiency Measures in Thermal Applications of Non-Renewable Biomass"

Contexte et principe de la réduction d'émissions :

Ce projet consiste en la diffusion de foyers améliorés auprès des utilisateurs urbains au Cambodge. Il a débuté en 1997 et il vise la diffusion de foyers économes en combustible permettant la réduction en moyenne de 20 % de la consommation. Le combustible, bois ou charbon de bois, consommé par les utilisateurs est issu de la destruction des forêts et donc d'origine non renouvelable. Sans le projet, une quantité plus importante de combustible non renouvelable aurait été consommée au niveau national. La réduction de la consommation correspond donc a une réduction d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2). La commercialisation des réductions d'émissions (URVE) permettra de financer en partie la phase 2008-2012 du projet.

Ordre de grandeur :

À la fin de décembre 2007, 284 450 familles étaient équipées du modèle économe. Ainsi, les émissions de 320 000 t équivalent CO_2 ont été évitées. La commercialisation de ces crédits carbone a permis de compléter les financements institutionnels du programme Cambodge et de poursuivre la diffusion. Elle finance également des actions de diversification de ce même programme : R&D pour la production de combustibles issus de déchets agricoles, amélioration de la carbonisation, mise en place de plantations énergétiques. Enfin, elle permet la réalisation d'études prospectives pour l'extension de la diffusion de foyers améliorés à d'autres pays d'Asie du Sud-Est (Indonésie, Philippines, etc.).

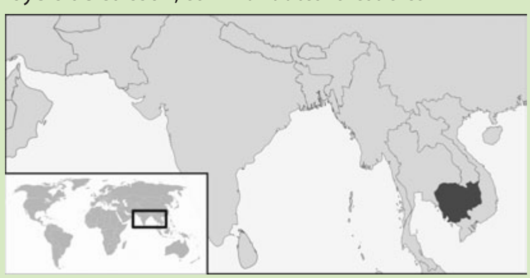
1. Disponible sur le site de la convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, www.unfccc.org)

ÉTUDE DE CAS

ÉCONOMIE DE BOIS DE FEU AU CAMBODGE

(incluant un volet de diffusion de foyers améliorés)

Projet financé par : Commission Européenne
Ampleur : Projet de grande ampleur (budget annuel de 200 000 à 1 000 000 €)
Date réalisation : 2 phases : 1997-2001 et 2002-2006.
Opérateur : GERES Cambodge, www.geres-cambodia.org
Partenariat : Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie
Bénéficiaires : Foyers cambodgiens, producteurs de foyers de cuisson, *communautés forestières*



Contexte :

Au Cambodge, la consommation de bois de feu et dérivés (charbon) pour la cuisson domestique urbaine est importante : 300 000 tonnes de charbon de bois sont prélevées chaque année, essentiellement dans la forêt. La demande de charbon de bois est en croissance constante en zone rurale et ne faiblit pas dans les grandes villes. En effet, en raison de l'augmentation du prix du gaz, on observe aujourd'hui un retour à l'usage du charbon de bois dans les classes moyennes urbaines.

Activités mises en œuvre par le projet :

Le GERES a mis en place, dès 1997, un programme intégré pour rendre la filière de bois énergie plus performante. Ce programme a été associé à la mise en place d'une stratégie de gestion durable du bois-énergie pour la cuisson.
Ce projet d'économie de bois de feu a plusieurs objectifs :

- La professionnalisation des producteurs de foyers domestiques économes en bois-énergie pour atteindre une large diffusion à l'échelle nationale (150 000 équipements en 4 ans) ;
- La validation technique et économique d'une filière pérenne de fabrication d'un charbon de bois durable destiné au marché domestique, filière établie en partenariat avec des communautés forestières ;
- Des activités de recherche et développement concernant : les fours de carbonisation, les fours à post-combustion pour grande capacité à vocation artisanale (cuisson du sucre), les briquettes de charbon fabriquées à partir de résidus agricoles non valorisés provenant de la canne à sucre ou de la noix de coco par exemple ;
- L'appui à la création d'un espace de concertation pour la mise en place d'une politique de gestion du bois énergie. Ce processus implique un collectif de décideurs et vise le renforcement d'un réseau existant d'ONG pour la gestion du bois-énergie en milieu rural (Wenetcam).



Finition d'un foyer amélioré



Cuisson du riz

Bilan du volet de diffusion des foyers améliorés :

Les premières années ont été consacrées à accompagner la filière traditionnelle de production et distribution de foyers de cuisson domestique. Cette approche semblait plus viable que celle qui consistait à créer une filière parallèle de commercialisation de foyers améliorés. Plusieurs modèles de foyers économes ont été testés et certains validés à l'étape de pré-diffusion (jusqu'à 5 000 exemplaires) mais, in fine, un seul modèle a passé le test d'une large diffusion (notamment du fait de sa facilité de transport par les grossistes). Il s'agit du modèle NLS (New Lao Stove) qui permet une économie de l'ordre de 22 % de charbon de bois par rapport au modèle traditionnel. De 2003 à 2007, 284 450 familles ont été équipées et 240 000 tonnes de bois ont pu être économisées.

ÉTUDE DE CAS

PLANTATIONS ÉNERGÉTIQUES

et suivi des circuits de collecte de bois au Cambodge

Projet financé par : GERES Cambodge (fonds propres)
Ampleur : Projet pilote de budget inférieur à 50 000 € par an
Opérateur : GERES Cambodge, www.geres-cambodia.org
Partenariat principal : Autorités locales (conseils de communes)
Date réalisation : Depuis 2006
Bénéficiaires : 12 planteurs privés, 1 *communauté forestière*, 3 institutions

Contexte :

Depuis 2005, le GERES Cambodge explore différentes approches de foresterie sociale. La zone ciblée par le GERES Cambodge est la plaine alluvionnaire du Tonle Sap et le sud-est du pays. Cette région a été marquée par des siècles de sédentarisation de populations cambodgiennes. La recherche de terres arables et les pratiques agricoles n'ont laissé que peu de place aux forêts. Certaines provinces ont désormais moins de 2 % de leur superficie couverte par des forêts. À cela s'ajoute une déforestation importante due à la production de charbon de bois. Pour de multiples raisons, les arbres ne sont que très peu intégrés dans le paysage. Le projet a donc eu pour objectif d'initier un concept de bocage cambodgien.

Activités mises en œuvre par le projet :

• Mise en place de plantations collectives et individuelles

Des actions pilotes ont été lancées sur la mise en place de plantations de différentes essences de bois à croissance rapide afin d'explorer les différents potentiels qu'elles proposent. Les populations locales ont été impliquées autant que possible dans les choix communautaires (localisation des plantations, modalités de gestion, etc.). Des pépinières ont été mises en place, les villageois contribuant financièrement à leur gestion.

Une approche individuelle des foyers a également eu lieu. Il a été proposé le développement de haies vives autour des rizières, l'enrichissement des jardins.

• Suivi par *Système d'Information Géographique* (SIG) des circuits de collecte du bois

Evaluer le taux de renouvellement de la biomasse est une composante critique des projets de foresterie sociale. Elle détermine si l'environnement local se régénère ou se dégrade.

Pour l'étudier, le GERES a développé des outils cartographiques à base de systèmes d'informations géographiques (SIG) et d'images satellites qui permettent de superposer des cartes de couverture des sols, de productivité de bois, de densité de population, de pourcentage de population utilisant le bois



Jeunes plants d'acacias

ou le charbon comme source d'énergie. Les zones de collecte ont été déterminées à travers des enquêtes de terrain.

Cela a permis de visualiser l'équilibre ou le déséquilibre qui se crée entre l'offre et la demande de bois, c'est-à-dire entre la productivité des plantations, la régénération des forêts et la pression humaine sur l'écosystème.

Bilan provisoire :

Les jardins ont été enrichis d'espèces fruitières ou à usage multiple dans une logique de sécurité alimentaire des villageois. Les haies ont été valorisées d'espèces à croissance rapide combinant production (bois de feu, fourrage) et protection (érosion, broutage incontrôlé, brise-vent). Les bosquets de village ont été boisés d'essences locales pour la production de bois d'œuvre et exotique et pour la production rapide de bois de feu afin de contrecarrer la déforestation liée à la demande énergétique.

Dans certaines institutions locales comme les écoles, les plantations ont permis d'allier besoins communautaires et éducation environnementale, c'est une contribution non négligeable pour le long-terme.

En savoir plus

Bibliographie :

Fiche n°3 : La cuisson artisanale et domestique des aliments en milieu rural en Afrique, Dossier pédagogique Energie et développement durable en milieu rural en Afrique - JF Rozis. 2008. Publication GERES.

Rôle et place de l'agroforesterie dans la gestion durable des forêts aujourd'hui - Kevin-Felicien Bondomenepat. 1998. Publication ICRA

Capitalisation des techniques et technologies de gestion durable des ressources naturelles - 2003. Publication PGIES, disponible sur Internet : *www.pgies.net*

Internet :

Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net
Site de GERES Cambodge : www.geres-cambodia.org
Site du CIFOR - Center for International Forestry Research) : www.cifor.cgiar.org
Site de l'ICRAF - World Agroforestry Center : www.worldagroforestrycentre.org

La cuisson solaire

> **Fiche venant en complément de la fiche 1.1** *La cuisson économe en combustible*
> **Fiches connexes :** *Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles, Fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable*

La cuisson des aliments est une opération quotidienne. Elle nécessite en moyenne, au niveau mondial, 600 kg de bois par an et par personne. En zone rurale, ce besoin est essentiellement satisfait par l'utilisation de biomasse et en particulier du bois, dans la grande majorité non commercialisé. En zone urbaine, les familles ont recours à l'achat de charbon de bois ou de gaz, combustibles dont la disponibilité s'amenuise ou le coût s'élève.
Une alternative consiste à proposer la cuisson solaire à ces populations. Celle-ci vise à concentrer l'énergie solaire et à la convertir en chaleur grâce à des équipements adaptés appelés cuiseurs solaires. Cette fiche traitera de leur diffusion dans les pays du Sud. Ils sont des exemples parmi de nombreux autres de réduction possible des impacts socio-économiques et environnementaux négatifs de la cuisson.

LA CUISSON DOMESTIQUE DANS LES PAYS DU SUD

Un enjeu majeur humain et environnemental

Dans les zones rurales, la cuisson a généralement lieu de manière rudimentaire sur le foyer « trois pierres », constitué de pierres posées au sol et surmontées d'une marmite pour les plus pauvres, ou au moyen de foyers traditionnels fabriqués généralement avec des matériaux locaux. En ville, les populations achètent du gaz en bonbonne mais en quantité très restreinte du fait de son coût très élevé (en cas de non-subventionnement par l'Etat).

Pour assurer leur approvisionnement en combustibles, les familles achètent du charbon, prélèvent du bois ou des bouses séchées. Si ce prélèvement est plus important que la capacité de renouvellement de l'écosystème forestier, et c'est malheureusement souvent le cas, on parle de biomasse non renouvelable. Cela implique un phénomène de déforestation. Ce temps de collecte augmente la pénibilité du travail, notamment celui des femmes et constitue autant de temps qui ne peut être employé autrement (éducation, activités génératrices de revenus, etc.)

Enfin, la cuisson des aliments est souvent réalisée dans des endroits mal aérés. Les concentrations de polluants qui s'en dégagent sont élevées: le niveau de poussières fines atteint jusqu'à dix fois la norme admise par l'OMS. On estime que chaque année, 1,6 million de personnes meurent du fait de l'inhalation des fumées domestiques.

Cette opération quotidienne soulève donc des enjeux à la fois humains et environnementaux importants.

La cuisson solaire, une alternative à la cuisson traditionnelle

Dans des zones où le combustible est peu accessible ou trop cher et où l'ensoleillement est suffisant, il peut être intéressant de recourir à la cuisson solaire. Celle-ci s'appuie sur des équipements qui permettent de concentrer l'énergie solaire pour produire de la chaleur. L'utilisation de cuiseurs solaires implique des temps de cuisson plus longs, mais qui permettent de s'affranchir de la collecte et de l'utilisation du bois et du kérosène. Il existe ainsi deux grandes familles de cuiseurs solaires introduites ci-après.

Le cuiseur de type boîte

Il est composé d'une caisse en bois isolé, d'un double-vitrage, d'un ou de plusieurs réflecteurs, et d'une cuve intérieure en aluminium, au fond de laquelle est disposée une plaque noire en tôle. Les rayons solaires traversent le double vitrage, frappent la tôle noire, qui va émettre des infrarouges restant piégés dans la cuve intérieure. Ces rayons infrarouges retenus contribuent à l'augmentation de la température. Les rayons solaires sont réfléchis par le réflecteur extérieur, et à l'intérieur même de la cuve grâce aux parois en aluminium réfléchissant. L'isolant thermique, situé entre la cuve intérieure et la caisse en bois, permet de conserver la chaleur. Ce cuiseur peut atteindre des températures de l'ordre de 190°C dans un temps toutefois plus long que dans une cuisinière traditionnelle. Son usage est principalement domestique.



Cuiseur solaire de type boîte (©Bolivia Inti-Sud Soleil)

Le cuiseur de type parabolique

Il fonctionne sur le principe de la concentration des rayons solaires. Ce cuiseur est constitué de plusieurs lames d'aluminium très réfléchissant (anodisé). Disposées en forme parabolique, ces lames permettent aux rayons solaires de se concentrer en un point focal où l'on dispose le récipient de cuisson. Le chauffage est plus rapide qu'avec le modèle « boîte » mais ne présente aucune possibilité de conservation de la chaleur. Il exige un contrôle fréquent afin d'assurer son orientation permanente et précise face au soleil. Il permet de réaliser des fritures, car sa température dépasse les 200°C. Sa puissance dépend directement de son diamètre, par exemple, une parabole de 1,40 m de diamètre a une puissance de 700 W. Ce cuiseur, avec de grandes paraboles, peut convenir à un usage en collectivité. Il est également employé pour la désinfection du matériel médical.



Cuiseur solaire parabolique (©Bolivia Inti-Sud Soleil)

Une technologie nécessitant un accompagnement

La cuisson solaire est en soi un bouleversement des mentalités. Elle entraîne entre autres, un temps de préparation des repas plus long, une autre approche de la préparation des repas, soit tout un changement d'habitudes. Il est primordial de bien connaître les pratiques alimentaires des populations cibles pour déterminer si cet équipement est compatible avec leur mode de vie. De plus un accompagnement sera nécessaire pour l'appropriation de l'outil et la maitrise de la cuisson dans ces nouvelles conditions. Le rôle des opérateurs de terrain (ONG principalement) est donc crucial pour permettre l'introduction de ces équipements de cuisson. Une expérience pilote réussie sera le meilleur moyen de convaincre les populations de l'utilité des cuiseurs solaires.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Diagnostic initial

Situation climatique

Il s'agit avant tout d'évaluer la qualité du rayonnement solaire (ciel dégagé, sans brume ni nuage) Les zones humides ou voilées sont contre-indiquées ainsi que les zones urbaines polluées, en dépit de températures extérieures élevées.

Energie de cuisson et caractérisation des repas

L'étude de l'offre et de la demande en combustible est primordiale. Ainsi, on répertorie les types de combustibles utilisés (majoritairement bois et kérosène en zones rurales), de même que leur accessibilité financière et technique. On constate par exemple que dans une zone économiquement pauvre mais très boisée, la population est peu encline à utiliser les cuiseurs solaires. Il est également intéressant d'évaluer le temps dédié à la recherche de combustible, d'identifier les personnes de la famille en charge de cette collecte. Dans le cas d'achat du combustible, il est important de définir la part du budget dédiée à ce poste.
La caractérisation de la préparation des repas est stratégique en prévision du changement de mode de cuisson associé à l'introduction de cuiseurs solaires. On étudie donc la périodicité des repas, le type de plats cuisinés, des outils de cuisson utilisés, les personnes responsables de la préparation des repas, etc.

Appuyer la diffusion de cuiseurs solaires

Cibles :

Cellules familiales et collectivités

Fonctionnalité, performances de l'équipement :

Le cuiseur solaire de type boîte nécessite deux fois plus de temps qu'un foyer traditionnel pour cuire les aliments.

Toutefois, ce temps est optimum puisque ce cuiseur ne requiert aucun temps de contrôle (cuisson très douce). La durée de vie estimée d'un cuiseur est d'environ 15 ans, à la condition que son propriétaire l'entretienne correctement, c'est-à-dire en le mettant à l'abri de la pluie, et en l'entretenant avec de la peinture. En moyenne, en association avec des cuiseurs traditionnels, il permet des économies de combustible de 80 %.

Le cuiseur solaire parabolique permet de faire des fritures car il peut dépasser 200C°. Correctement orienté au soleil, son efficacité est immédiate, et son utilisation instantanée. La cuisson doit être surveillée. La parabole solaire exigeant une orientation précise au soleil (du fait de son principe de fonctionnement basé sur la concentration des rayons solaires), il est impératif d'assurer un contrôle régulier de son positionnement. En fonction du diamètre de la parabole, qui va définir sa puissance, le temps de cuisson est sensiblement identique à une cuisson au gaz ou au bois.

Maturité technologique :

Les cuiseurs solaires de type boîte peuvent être fabriqués à partir de matériaux disponibles localement (bois, verre) et leur construction est simple. Leur coût avoisine 50€ (coût modulable selon le pays), pour une fabrication en grand nombre. Cette estimation comprend uniquement les achats de matériel, et non les coûts de main d'œuvre, et de frais de formation.

Le modèle parabolique fait appel à des matériaux relativement sophistiqués dont les filières de fabrication font parfois défaut dans les pays en développement. Ainsi, les réflecteurs en aluminium brossé sont essentiellement importés des pays industrialisés. L'assemblage des différents éléments se fait aisément. Le coût de revient d'un cuiseur solaire parabolique ne pourra être inférieur à 100€ (sur la base d'une commande en grande quantité).

Enfin, pour ces deux types de cuiseurs, c'est bien l'appropriation par les communautés qui est la plus complexe à obtenir. Elle requiert impérativement un accompagnement des populations dans leurs changements d'habitudes, qui se fait par le biais d'opérateurs de développement internationaux (ONG, agence de coopération technique, etc.) ou d'acteurs locaux.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de recherche et développement :
La diffusion d'un cuiseur solaire doit prendre en compte les ressources locales (matériaux), et les caractéristiques de la population-cible (activités, type de plats consommés) ainsi que les compétences locales.

- Volet de sensibilisation :
L'adhésion des populations à ces cuiseurs « sans feu » est indispensable. Pour cela, le porteur de projet devra effectuer des démonstrations, en prenant soin de réaliser des plats traditionnels, avec la participation de « personnes-ressources » locales, les plus à même de diffuser l'information. Cette sensibilisation devra se poursuivre par une appropriation progressive des populations à ce nouvel outil lors de sa mise en pratique.

- Volet de diffusion :
Quelle que soit la formule choisie, la formation et l'accompagnement à l'utilisation des cuiseurs solaires sont indispensables. Quelques options sont présentées ci-dessous :

1- Une diffusion qui passe par la formation de formateurs à la fabrication de cuiseurs solaires en kit, qui vont ensuite être assemblés lors de stages de montage, par les bénéficiaires.

2- La diffusion peut aussi s'envisager par une vente directe du cuiseur solaire monté (sans auto fabrication par le futur propriétaire). Cette option nécessite l'existence d'une filière d'artisanat et de commercialisation des produits finis. Toutefois il est constaté que l'auto-montage favorise nettement l'appropriation des cuiseurs solaires.

3- Une diffusion faisant suite à des séances de démonstration ou à une formation à la cuisson solaire, qui propose aux bénéficiaires potentiels d'emprunter les cuiseurs solaires. A l'issue du prêt, l'option 1 ou 2 peut être proposée.

- Volet d'appui financier :
La participation financière du futur propriétaire à l'achat de son cuiseur est un facteur important d'implication dans le projet. Lors de l'acquisition, il peut être proposé aux familles un paiement échelonné sur plusieurs mois. Le subventionnement est toutefois indispensable car l'outil reste relativement cher, quel que soit son lieu de fabrication.

- Volet de suivi :
Le suivi peut prendre la forme de réunions régulières, au cours desquelles des échanges sont animés par un coordinateur local. Les échanges se font autour des expériences de chacun : succès, réussites, doutes, explications.

Durée de projet :

L'expérience prouve que la diffusion de cuiseurs solaires doit se planifier sur le long terme, l'accompagnement des bénéficiaires nécessitant plusieurs mois (phase de suivi). Le passage d'un cuiseur traditionnel à un cuiseur solaire implique un changement de comportement important.

Compétences requises :

Maîtrise de la cuisson solaire, approche participative, capacité d'animation et de formation, connaissances en nutrition, etc.

Impacts positifs, négatifs et risques

Aspects socio-économiques

- ⬆ Réduction des dépenses domestiques en combustible (bois, charbon de bois, gaz et kérosène)
- ⬆ Réduction de l'inhalation de fumées toxiques
- ⬆ Possibilité de potabiliser l'eau dans les cuiseurs solaires ;
- ⬆ Réduction du temps de collecte de bois
- ⬆ Renforcement du rôle de la Femme : gains de temps, d'argent, d'efforts
- ⬆ Meilleures qualités nutritionnelles des aliments cuits dans le cuiseur solaire de type boîte (cuisson lente qui préserve les nutriments)
- ⬆⬇ Changement des pratiques de cuisson
- ⬇ Risque de brûlures et/ou d'éblouissements avec l'utilisation du cuiseur solaire parabolique
- ⬇ Risque de mauvais fonctionnement du cuiseur solaire de type boîte si la formation à son utilisation n'a pas été correcte (des ouvertures répétées du cuiseur vont altérer son efficacité);
- ⬇ Coût d'achat élevé à très élevé; mécanismes de paiement aménagé à prévoir.

Aspects environnementaux

- ⬆ Le cuiseur solaire fait intervenir le rayonnement solaire, énergie propre et inépuisable. Il évite l'utilisation d'énergies fossiles (gaz) ou de biomasse non renouvelable et contribue ainsi à la lutte contre le changement climatique et contre la déforestation.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux et valorisation de réductions d'émissions

Le cuiseur solaire a un impact d'atténuation du changement climatique car il permet la substitution de l'usage de *biomasse non renouvelable* par l'énergie solaire dite renouvelable. Il induit donc une réduction d'émission de CO_2. Il a également un impact d'adaptation en évitant la disparition du couvert forestier qui contribue au maintien du sol et donc limite l'érosion.

Les projets de diffusion de foyers solaires sont éligibles au MDP, dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project »). Ils font partie des projets de type I. « Energie renouvelable ». La méthodologie AMS I.E « Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User[1]» donne les méthodes de calcul de réduction des émissions. Ces réductions ne sont comptabilisées que si l'on prouve que le combustible dont on a réduit la consommation provient d'une biomasse non renouvelable.

Illustration : projet de fabrication et diffusion de cuiseurs solaires au Pérou

Opérateur : Bolivia Inti-Sud Soleil
Statut du projet : *Marché d'échange volontaire*
Crédit carbone : *URVE*
Source d'information : www.boliviainti-sudsoleil.org.
Comptabilisation des crédits : 2007-2016
Méthodologie : I.E "Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User"

Principe de la réduction d'émission :

Au Pérou, le projet a consisté en la construction et la diffusion de cuiseurs solaires de type boîte auprès des familles de la zone rurale du Colca (208 cuiseurs diffusés). Sans la réalisation du projet, les familles auraient utilisé des foyers de cuisson traditionnels locaux alimentés majoritairement par du bois de feu ou du kérosène. L'introduction de cuiseurs solaires de type boîte évite la consommation de ces deux combustibles et permet la réduction d'émissions de dioxyde de carbone.

Ordre de grandeur :

Il est estimé qu'un cuiseur solaire de type boîte diffusé dans le projet permet l'économie de 0,65 t CO_2 équivalent par an. Le projet permet donc la réduction d'environ 104 t CO_2 équivalent par an. La commercialisation des crédits sur le marché d'échange volontaire permet un financement complémentaire aux projets de diffusion de cuiseurs solaires portés par Bolivia Inti-Sud Soleil (Bolivie et Pérou).

1.Disponible sur le site de la convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, www.unfccc.org)

ÉTUDE DE CAS

FABRICATION ET DIFFUSION DE FOYERS SOLAIRES AU PÉROU

Projet financé par : Dotations des Solidarités Nord-Sud, Ministère des Affaires Etrangères, la vente de crédits carbone (URVE)
Ampleur : Projet de petite ampleur de budget inférieur à 50 000 €
Opérateur : Bolivia Inti-Sud Soleil
Partenariat principal : Association Caritas Felices
Date réalisation : Juin 2006-mars 2007
Bénéficiaires : 208 familles



Contexte et activités mises en œuvre par le projet :

50 000 familles d'Arequipa vivent en situation de pauvreté. Les tarifs élevés rendent l'énergie inaccessible pour les pauvres. C'est ainsi une dépense importante pour les familles, qui peut représenter jusqu'à 40% du revenu mensuel. A Arequipa, les familles utilisent du kérosène et du bois, pour la cuisine. La combustion (souvent de mauvaise qualité) du kérosène et du bois pollue l'air ambiant et dégrade la santé des utilisateurs. Dans le même temps, l'ensoleillement de la région d'Arequipa pourrait apporter l'énergie nécessaire à la cuisson des repas.
Le projet mis en ouvre par Bolivia Inti a eu pour objectif de constituer et de former une équipe locale en charge d'organiser des stages de formation à l'auto-construction et de diffuser les cuiseurs solaires. Une fois l'équipe opérationnelle, le projet a permis la sélection et l'accompagnement de familles cibles pour la construction de leur cuiseur.



©Bolivia Inti-Sud Soleil



©Bolivia Inti-Sud Soleil

Bilan :

13 stages de formation se sont déroulés dans les centres nutritionnels de trois quartiers d'Arequipa, soit la construction de 208 cuiseurs solaires. Pour chaque stage, 16 personnes ont reçu une formation à la construction de cuiseur solaire et à la nutrition, soit 208 familles, soit environ 1250 personnes (85% de femmes, majoritairement mères célibataires).

En savoir plus

Bibliographie :

« La cuisson solaire facile », éditions Jouvence, Roger Bernard, 1999
« Energie domestique et santé: des combustibles pour mieux vivre », Organisation Mondiale de la santé, E. Rehfuess, 2007

Internet :

Site de Bolivia Inti – Sud Soleil : www.boliviainti-sudsoleil.org
Site de la communauté de pratiques de la cuisson solaire : www.solarcooking.org
Site de Solar Household Energy : www.she-inc.org
Site de Household Energy Network : www.hedon.info

L'équipement gaz efficace

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible*

Le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) est une source d'énergie domestique dont l'emploi dans les pays en développement concerne essentiellement le milieu urbain du fait de son coût marchand. Dans certains pays son usage est majoritaire pour la cuisson domestique. Vu son coût croissant, améliorer l'efficacité des équipements reste une solution à court terme pertinente. Elle peut aussi s'avérer une alternative judicieuse à l'usage de *biomasse non renouvelable* en milieu urbain, en l'absence de marchés ruraux du bois-énergie et de filières d'approvisionnement contrôlées. L'appellation "GPL" désigne les gaz comme le butane et le propane, qui proviennent du raffinage du pétrole ou de l'épuration du gaz naturel. Dans le langage courant, les GPL sont devenus le GPL, même s'il s'agit de plusieurs gaz.

UTILISATION EFFICACE D'UNE ÉNERGIE FOSSILE

Le GPL ou une biomasse non renouvelable : enjeux

La biomasse est une source importante d'énergie dans les pays en développement et émergents. Son prélèvement est à l'origine d'une forte pression sur les écosystèmes forestiers environnants. De plus, la collecte du bois, généralement opérée par les femmes, et dans une moindre mesure par les enfants, est un travail pénible nécessitant de couvrir de longues distances et mobilisant un temps important, en sus des tâches ménagères courantes.
En l'absence de gestion raisonnée de la *biomasse énergie*, l'emploi du GPL se révèle alors un moindre mal avec des effets favorables: allègement des tâches ménagères, réduction de la pollution de l'air intérieur. Certains pays ont donc fait le choix de sa subvention pour faciliter son usage et son taux de pénétration, notamment vers le milieu rural.
Il est alors crucial de sensibiliser et d'accompagner les populations à l'usage d'équipements gaz à bas coût et à haute performance. C'est cette approche qui est présentée ici.

Principes d'un équipement efficace

Le recours au gaz au niveau domestique a lieu en général soit pour la cuisson, soit pour le chauffage de l'habitat. Les équipements de cuisson ou de chauffage sont fabriqués localement, à très faible coût et sont de très mauvaise qualité voire dangereux. On note alors une surconsommation de gaz due aux pertes thermiques (absence d'isolation) ou un brûleur défaillant responsable d'une mauvaise combustion (gaz non brûlé ou combustion de mauvaise qualité).

Un équipement gaz performant peut donc être proposé en remplacement des équipements traditionnels, qui fonctionnent au bois ou au gaz avec des rendements énergétiques très faibles (rapport entre énergie utile et énergie consommée). On peut profiter du remplacement pour garantir une durée de vie plus importante (acier émaillé, inox,..) et une sécurité maximale (veilleuse à contrôle d'oxygène pour les poêles à gaz). En usage domestique, les champs d'application sont les chauffe-eau et les cuisinières, les poêles à gaz.

Un tel équipement comporte un revêtement émaillé et un brûleur gaz atmosphérique bien dimensionné. Poignées, socles et couvercle en matériaux isolants sont ajoutés par rapport aux modèles traditionnels. Ce nouvel équipement permet une meilleure isolation et la limitation des risques de brûlure lors de son déplacement ou de son usage. Il présente une réponse la plus affinée possible aux contraintes d'utilisation (cuisson exclusive du pain par exemple).

Il s'agira alors de développer une gamme d'équipements que le milieu industriel classique ne propose pas (four à pain gaz familial,..) pour répondre au mieux à l'usage local.

Implication des pouvoirs publics

Les pouvoirs publics ont un rôle à jouer sur la régulation de la tarification du gaz pour le rendre accessible aux populations pauvres dans des zones où l'énergie alternative est basée sur l'utilisation d'une biomasse non renouvelable. Ils peuvent également mettre en place une réglementation (normalisation des équipements) pour stimuler la diffusion d'équipements performants plutôt que des équipements fortement consommateurs et/ou dangereux à l'usage.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Analyse de la demande en énergie de cuisson

L'étude de la pertinence de l'introduction d'équipements gaz au niveau d'un territoire, s'inscrit dans la question plus large de l'analyse de la demande en énergie de cuisson. Cette analyse caractérise les comportements énergétiques, les équipements, les niveaux de consommation de la zone d'implantation potentielle d'un projet. Des outils d'analyse de la demande sont

disponibles sur le site du Réseau International d'Accès aux Energies Durables, RIAED, www.riaed.net (« Cuisson des aliments et biomasse », blog Jean-François Rozis). L'analyse de l'offre cherchera à caractériser la biomasse utilisée pour la cuisson (essences forestières, arbustes, déchets agricoles, bouses, autres déchets), son niveau de productivité annuelle, son mode de collecte (saisonnalité, outils) et de stockage, les quantités par essences identifiées. L'objectif sera d'identifier les ressources insuffisantes et les besoins.
Ces études d'offre et de demande devront mettre en évidence les freins potentiels de développement liés à la cuisson et à l'approvisionnement en biomasse, ainsi que les impacts environnementaux des pratiques actuelles.

Dimensionnement d'un projet énergie domestique (cuisson et chauffage)

Pour la phase pilote, il s'agira d'estimer le nombre et la typologie des familles concernées, le type d'équipement répondant aux besoins (modèle disponible ou nouvelle conception), et le mode de diffusion approprié. Lorsque la biomasse est quasi inexistante sur la zone ou revient plus cher que le gaz (cf. Etude de cas en Afghanistan), on cherchera à faciliter l'accès au gaz. L'objectif est de valider les modes de diffusion des équipements et de la gestion de la biomasse ou du gaz associée.

Situations favorables à l'introduction de tels équipements

Les pays émergents comme ceux du Maghreb, la Chine ou le Brésil ont des populations dont le niveau de vie leur permet l'accès au gaz. Pourtant les équipements restent peu efficaces ou les populations restent traditionnellement attachées à l'usage du bois comme énergie. Ils constituent des zones d'intervention particulièrement pertinentes pour l'introduction de ce type d'équipements gaz, permettant un développement économe en énergie dans ces pays émergents.

Appuyer la diffusion d'équipements gaz performants

Cible :

Unités familiales

Fonctionnalité, performances :

Les caractéristiques techniques des équipements gaz s'évaluent en fonction de leur puissance, du rendement énergétique mais aussi en fonction de leur niveau de sécurité. Les paramètres importants à considérer sont la qualité de combustion, la limitation des pertes thermiques, la qualité du circuit gaz jusqu'à l'injecteur, la présence de dispositif sécurité gaz, l'ergonomie. Dans le cas d'un four à pain familial qui sera présenté en étude de cas ci après, l'économie de gaz démontrée atteint 40 %.

Maturité technologique :

Les principes généraux d'isolation thermique, d'ergonomie des équipements de cuisson sont aujourd'hui maitrisés. Toutefois, il reste difficile de concilier des techniques modernes pour un équipement au coût final raisonnable. Néanmoins, des distributeurs d'envergure internationale se spécialisent dans le marché des ménages à faibles revenus. On voit apparaître des équipements énergétiques de qualité à faible coût notamment dans les pays où les normes de qualité sont suivies.

Etapes principales d'un projet d'introduction d'équipements efficaces :

- Recherche et développement :
Des exemples similaires sont recherchés sur des dispositifs identiques, des essais sont faits en laboratoire pour la mise au point des innovations et améliorations. Les équipements sont ensuite diffusés en phase pilote auprès de ménages volontaires, pour valider l'appropriation de la technologie en vue de sa diffusion.

- Phase de pré-diffusion :
La diffusion est assurée via les distributeurs des équipements traditionnels (gazinière, fours, poêles à gaz) qui sont ainsi associés au projet. Ils assurent la logistique pour la mise à disposition du matériel et la promotion. Une sensibilisation parallèle peut être faite par une association locale partenaire. Un système de micro crédit peut être proposé pour faciliter l'accès à l'équipement qui s'avère généralement plus cher que le dispositif d'origine.

- Phase d'évaluation et de large diffusion :
Lorsque les procédés de production sont validés et standardisés à large échelle, une communication grand public peut alors avoir lieu (spot télévision, affichage,..). Il s'agira essentiellement de garantir la qualité du produit final (label, certification industrielle, ...)

Durée de projet :

La diffusion d'équipements gaz efficaces a lieu sur le moyen terme (3 à 5 ans).

Compétences requises :

Recherche et Développement équipements thermiques, commercialisation, microfinance, structuration filière de production et distribution, certification.

Pérennisation :

La promotion auprès de la population cible, pour mettre en avant son intérêt dans l'utilisation d'une gamme d'équipements gaz plus performante, est nécessaire pour relayer la diffusion.
Un appui à la structuration du secteur privé chargé de produire ou de commercialiser des équipements de cuisson ou de chauffage est également pertinent. Cela consiste par exemple à favoriser la création d'associations interprofessionnelles des producteurs et distributeurs,

ou bien à appuyer l'émergence d'un label de qualité, ou encore à encourager la mise en place de relais locaux de distribution des équipements.

Impact positifs, négatifs et risques

Economiques et sociaux

Cas de l'amélioration d'un système gaz existant :

- ⬆ Une économie de consommation de gaz permet de réduire la facture énergétique du foyer ;
- ⬆ La diffusion de ces équipements développe une activité nouvelle et donc des revenus supplémentaires pour les distributeurs d'équipements traditionnels ;
- ⬆ Limitation des risques d'accidents par l'usage d'équipements défectueux.

Cas du remplacement d'un système bois énergie par un système gaz amélioré :

- ⬆ La réduction de la pénibilité du travail de collecte du bois dans le cas d'une substitution bois-gaz, impact qui concerne particulièrement les femmes ;
- ⬆ La réduction des maladies respiratoires liées aux fumées et aux particules émises par la combustion du bois de chauffe ;
- ⬆ Confort d'usage de l'équipement et ergonomie accrus ;
- ⬇ Un coût du kWh plus important pour le GPL en comparaison du bois (gratuit) ou du charbon de bois (bon marché) et risque d'augmentation du prix du gaz, d'autant plus si celui-ci était subventionné et que l'Etat ne peut maintenir son incitation[1] .

Généralement

- ⬇ Un coût de l'équipement plus élevé, accès limité pour les plus démunis ou conditionné au recours au micro crédit.

Environnementaux

Cas de l'amélioration d'un système gaz existant :

- ⬆ L'efficacité énergétique du dispositif permet de réduire les émissions de CO_2 et donc de participer à l'atténuation du changement climatique

Cas du remplacement d'un système bois-énergie par un système gaz amélioré :

- ⬆ La substitution du bois énergie par le gaz permet la diminution du prélèvement du bois et limite donc la déforestation.
- ⬆⬇ Le GPL est une énergie fossile dont la combustion se traduit par l'émission de *gaz à effet de serre* (GES). Il ne présente pas une solution environnementale durable dans l'absolu. Cependant, dans certaines conditions d'utilisation, son impact peut se révéler moins important que celui d'une *biomasse non renouvelable*.

1. Il est à noter que cette différence de prix gaz/biomasse évoluera avec la raréfaction du couvert forestier dans les pays en développement, qui se traduira par une augmentation du prix du charbon.
2. Activités d'efficacité énergétique menées par les consommateurs pour des technologies spécifiques, disponible sur le site de CCNUCC, www.unfccc.org

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

Les équipements énergétiques efficaces ont globalement une incidence positive sur la lutte contre le changement climatique.

Cas de l'amélioration d'un système gaz existant :
Dans ce cas, le dispositif permet de réduire les consommations de combustibles fossiles et donc réduit les émissions de GES.

Cas du remplacement d'un système bois-énergie peu performant par un système gaz amélioré :
Lorsque le bois ou le charbon de bois provient de sources non renouvelées (forêts, taillis, etc) le dispositif permet de remplacer un combustible issu d'une *biomasse non renouvelable* par une énergie fossile. Ces deux sources sont émettrices de GES. Cependant, l'équipement gaz est plus efficace que l'équipement traditionnel, il en résulte donc moins d'émissions pour un service rendu identique.

Valorisation de réductions d'émissions

L'éligibilité au cadre institutionnel et financier du protocole de Kyoto diffère cependant selon la source d'énergie économisée. Il s'agit de considérer chaque cas séparément.

Cas de l'amélioration d'un système gaz existant :
Les projets de diffusion d'équipement sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP). On s'intéresse ici aux projets de petite échelle (« small scale project ») de type II. « Efficacité énergétique » et permettant une économie d'énergie par projet de maximum 60 GWh par an.

La méthodologie AMS II. C « Demand-side energy efficiency activities for specific technologies »[2] donne les méthodes de calcul de réduction des émissions. Elle s'applique aux projets prévoyant l'introduction de dispositifs énergétiques efficaces tels que des lampes basse consommation, des néons, des réfrigérateurs, des moteurs, des ventilateurs, des climatiseurs, etc, sur de nombreux sites. Ces technologies doivent remplacer des équipements existants ou être installées dans de nouveaux sites.

Cas du remplacement d'un système bois énergie peu performant par un système gaz amélioré :
Il n'existe à ce jour pas de *méthodologie MDP* approuvée pour des projets permettant la substitution d'une biomasse non renouvelable par une énergie fossile. La méthodologie « Switch from Non renewable Biomass to lower emissions fossil fuels for thermal applications by the User » a été déposée et est à l'étude par le Conseil exécutif pour une éventuelle approbation.

FICHE 1.3

Illustration : projet de diffusion de fours à pain à gaz économes en milieu rural au Maroc

Opérateur : GERES
Statut du projet : *Marché d'échange volontaire*
Type de crédit carbone : *URVE*
Source d'information : www.geres.eu
Comptabilisation des crédits : 2008-2011 (extension prévue)
Méthodologie : AMS II. C et méthodologie non approuvée à date de l'ouvrage « Switch from Non renewable Biomass to lower emissions fossil fuels for thermal applications by the User »

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Ce projet est mis en œuvre dans 2 communes de la province de Chefchaouen dans la partie Nord du Maroc. Il répond notamment aux problèmes d'efficacité énergétique des équipements de cuisson en zone rurale et de la pression toujours plus forte qui s'ensuit sur la forêt pour la collecte du bois de cuisson.

Le projet prévoit la diffusion de 1250 fours à pain à gaz entre 2008 et 2011. Ils viendront en remplacement de fours à bois ou de vieux fours à gaz, les deux dispositifs étant de plus inefficaces. Grâce au projet et aux équipements proposés, les utilisateurs consommeront moins de gaz (énergie fossile) ou de bois (énergie non renouvelable) pour la fabrication de pain.

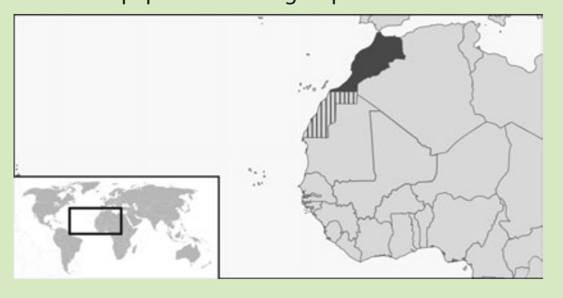
Ordre de grandeur

D'après les calculs effectués selon les méthodologies indiquées, la diffusion de ces 1 250 fours permettra de valoriser la réduction d'un total de 4 500 t CO_2 équivalent sur la période 2008-2011.

ÉTUDE DE CAS

DIFFUSION DE FOURS À PAIN À GAZ ÉCONOMES EN MILIEU RURAL AU MAROC

Projet financé par : Financements en cours de recherche
Ampleur : Projet de moyenne ampleur (budget de 50 000 à 200 000 euros par an)
Opérateur : *GERES*, à travers la cellule MNED (Maroc Nord Energie Durable)
Partenariat principal : *GERERE*
Partenariat secondaire : Une structure marocaine de micro crédit, un réseau de distributeur de gaz et de fours
Date réalisation : 2008-2011
Bénéficiaires : Communautés locales, Associations de développement local des zones d'intervention, Artisans locaux et producteurs de fours à gaz, distributeurs locaux d'équipements énergétiques



Contexte :

La cuisson du pain par le four traditionnel à bois représente plus de 50 % de la consommation en bois à usage énergétique d'une famille rurale dans la province de Chefchaouen. Son rendement se situe autour de 5 %, il constitue l'un des équipements de cuisson traditionnels les moins performants.

De plus, le bilan offre/demande en bois énergie fait apparaître un déficit de 3,1 millions de tonnes par an au Maroc. Ce déficit est inégalement réparti entre les provinces du Maroc mais il est qualifié de très important sur la province de Chefchaouen où il se traduit par un phénomène de déforestation. Le recul de la forêt rend la collecte de bois faite par les femmes de plus en plus pénible. Le projet présenté suit une action pilote de diffusion de 90 fours à gaz performants de 2006 à 2008. Une extension suivra avec un objectif de 1200 fours.

Actions mises en œuvre par le projet :

Sensibilisation de la population cible

Le four à bois traditionnel est actuellement le matériel utilisé par plus de 90 % des familles rurales au Nord du Maroc. La collecte de bois est omniprésente dans chaque foyer. Cependant la cuisson au gaz existe et plus de 15 % des foyers utilisent un four à gaz pour des occasions particulières et en hiver. Aussi la plupart des foyers sont équipés d'une bouteille de gaz 3 kg pour la cuisson des aliments. Une diffusion à grande échelle de fours à gaz améliorés demande une sensibilisation importante des foyers pour comprendre les enjeux de la problématique du bois-énergie. La sensibilisation/démonstration a pour but de démontrer l'intérêt de tels équipements, la possibilité de rompre avec la pénibilité de la collecte du bois et ainsi lutter contre la déforestation.

Appui à la filière de production et de distribution des fours à gaz améliorés

L'étude en laboratoire de deux marques éligibles par le projet (Sofacuis et Afifi) a montré les économies possibles en gaz de l'ordre de 40 % si des améliorations aux modèles existants sont apportées. Des modèles ont été élaborés en laboratoire puis testé avec des familles volontaires. Les tests in situ ont ainsi validé la pertinence des choix techniques d'amélioration.

Capitalisation pour la préparation de l'extension et de réplication à large échelle (à venir)

Un cahier des charges a été élaboré. Une convention de partenariat est passée avec un producteur local de four à gaz (SOMMEDTABE) pour la phase de prédiffusion. La promotion/distribution est facilitée par l'agent vulgarisateur de l'équipe MNED. Le producteur s'occupe de la livraison du matériel et une association locale s'occupe de la distribution dans le douar.



Four à pain à gaz amélioré Maroc Nord (©MNED)

Bilan provisoire :

Le projet est en cours, il en est au lancement de l'étape de pré-diffusion (août-septembre 2008). Une solution financière pour faciliter l'accès aux équipements est en cours de réflexion. L'option la plus probable est la création d'un fonds mis en place avec l'association locale partenaire. La diffusion plus large débutera en 2009 avec un objectif de 1250 fours sur la Province de Chefchaouen.

ÉTUDE DE CAS

CHAUFFAGE AU GAZ DES BÂTIMENTS PUBLICS EN AFGHANISTAN

Projet financé par : *FFEM*
Ampleur : Projet pilote de budget inférieur à 50 000 €
Opérateur : *GERES*, www.geres.eu
Partenariat : *ADEME, GTZ*
Date réalisation : 1er semestre 2008
Nb de bénéficiaires : Limité pour le moment, projet en phase pilote (2 hôpitaux)



Contexte

La qualité d'isolation des bâtiments publics est jugée relativement mauvaise en Afghanistan. De plus, les systèmes de chauffage sont particulièrement inefficaces. Ils consistent en des poêles à bois ou au fioul. Il en résulte une température très en dessous des standards européens pendant l'hiver rigoureux et l'émission de fumées nocives liée à la nature des combustibles. Ainsi, les hôpitaux rencontrent toutes les difficultés à maintenir une température minimale, bien que l'état de leur patient l'impose. Dans un tel contexte, il est pertinent de rechercher des moyens de chauffage plus efficaces et plus propres, tant pour l'environnement que pour les utilisateurs.
Après plusieurs missions d'évaluation, il est apparu que le système de chauffage le plus approprié au contexte urbain afghan était des poêles à gaz mobiles.

Activités mises en œuvre par le projet

Diagnostic du système de chauffage
La première étape du projet est l'évaluation des systèmes de chauffage disponibles localement, l'identification des revendeurs et de leur disponibilité. La présélection du ou des systèmes qui vont être préconisés s'appuie sur cette évaluation (analyse financière, d'efficacité, de consommation, de disponibilité sur le marché, de disponibilité du carburant, de puissance de chauffage…). Plusieurs chauffages au gaz ont été présélectionnés.

Recherche et développement
La deuxième étape est un test en laboratoire de plusieurs modèles, afin de déterminer lequel est le plus approprié. 4 modèles on été testés sur un banc d'essais. La puissance, l'efficacité ainsi que la sécurité des différents systèmes ont été évaluées en suivant un protocole qui visait à enregistrer les températures, les consommations de gaz ainsi que les émissions de CO_2. A l'issue de ces tests, le modèle Delonghi, le plus récent, apparait comme le plus satisfaisant : il est le plus efficace (consomme le moins) et assure le meilleur confort.

Mise en situation
La troisième étape consiste en deux tests « terrain ». Les poêles sélectionnés ont été installés dans un hôpital de Kabul. Pour chaque pièce équipée, une pièce pilote similaire en taille et en usage a été choisie. La consommation et les températures on été relevées dans les pièces tests et pilotes. Les commentaires des utilisateurs (personnel médical et patients) ont également été recueillis. Ils ont aussi été installés dans plusieurs domiciles particuliers, où les mêmes données ont été collectées en comparant avec des foyers utilisant des systèmes de chauffage classiques.



Poêle à gaz mobile, modèle DELONGHI

Bilan

Les résultats du test pour une utilisation dans les bâtiments publics sont très intéressants. Le nouveau système de chauffage apporte un meilleur confort, réduit les consommations de combustible, ainsi que les coûts liés au chauffage. Les réductions d'émissions de CO_2 sont de l'ordre de 80 %.

Combustible	Consommation journalière (kg / jour)	Energie par surface ($kWh/m^2/an$)	Coût (€/m^2/an)	Emissions CO_2 (t CO_2 éq./m^2/yr)
Gaz	0.9	79	5.7	0.02
Bois	11	59	9.6	0.12
Economies			**40%**	**80%**

Quant à l'usage domestique, les tests n'incitent pas à continuer dans cette direction. La principale raison est le mono-usage des poêles à gaz. Les systèmes de chauffage classique permettent en effet de cuisiner et de chauffer la pièce avec un seul appareil. Les modifications des habitudes sont trop importantes pour une bonne acceptation de la part des utilisateurs. De plus les consommations ne sont pas réduites car le poêle classique doit toujours être utilisé pour cuisiner.

Les poêles à gaz efficaces vont donc être préconisés pour une utilisation dans les bâtiments publics sous certaines conditions (gaz disponible en zones urbaines, bois rare, pièces assez petites et bien ventilées, présence d'une personne capable de s'occuper des poêles). Dans tous les cas, la diffusion devra s'accompagner d'une campagne d'information et de formation afin de favoriser l'acceptation et la bonne utilisation des systèmes de chauffage innovants.

En savoir plus

Bibliographie :

« Fiche n°3 : La cuisson artisanale et domestique des aliments en milieu rural en Afrique, Dossier
pédagogique Energie et développement durable en milieu rural en Afrique », 2008, GERES JF Rozis,

« Energie : vers la fourniture de services en faveur des Objectifs du Millénaire pour le Développement » – Banque Mondiale, PNUD, 2005

Internet :

Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net

Les kits batterie-système photovoltaïque

> **Fiches connexes :** *Fiche 3.3 : Les petites centrales solaires et éoliennes, Fiche 4.3 Le système biogaz familial*

L'accès à l'électricité dans une zone rurale est la condition nécessaire à un accès aux technologies modernes. L'électricité est indispensable à certaines activités productives, mais aussi à l'amélioration des conditions de vie (éclairage, télécommunication, etc.). Il s'agit donc d'une demande importante des populations rurales. Le développement des infrastructures électriques posent toutefois un problème économique et technique, qui rend inappropriée dans bien des pays la solution d'un grand réseau interconnecté, et qui conduit au développement d'une électrification décentralisée, voire individuelle. L'énergie solaire est présente sur l'ensemble des territoires avec un fort potentiel dans des zones dépourvues par ailleurs d'autres ressources (par exemple les zones sahéliennes en Afrique). Elle est l'une des solutions possibles pour fournir de l'électricité en zones rurales.

Pour des raisons d'appropriation technique et de coût, le développement du solaire photovoltaïque passe par la mise en place des programmes spécifiques d'accompagnement. L'offre consiste à mettre à disposition des utilisateurs des kits complets dimensionnés à leurs besoins, à optimiser les équipements d'usage comme les lampes et à assurer la disponibilité d'un service après vente. Leur mise au point, production et mise à disposition justifie pleinement l'action de structures d'appui : agences d'Etat, entreprises, ONG.

ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ DANS LES PAYS DU SUD

Alimentation et distribution électrique

L'alimentation et la distribution électrique d'un pays utilise schématiquement 3 grands types de moyens.

Le réseau électrique interconnecté

Développé en général au niveau national/international, et alimenté par toutes sortes d'énergies fossiles ou renouvelables, ce réseau, dont le déploiement est très onéreux, est adapté à l'alimentation des zones les plus denses en population et industries : villes, grandes zones d'activités ou d'industries. Son extension en zone rurale ne peut se faire qu'avec une très forte mobilisation financière (cas de l'Europe après la seconde guerre mondiale) et il ne touche en général pas l'habitat isolé.

Le réseau en « îlots » ou réseau « villageois »

Développé à l'échelle d'une collectivité, ce réseau autonome est alimenté par de petites ou moyennes installations électriques, le plus souvent des groupes électrogènes diesel, mais également par des centrales hydrauliques, solaires, éoliennes, biogaz, etc. Il peut en général alimenter le secteur domestique et le secteur artisanal, voire de petites industries. Le niveau de puissance installé est typiquement de 10 kW à 1000 kW.

Les installations individuelles

Alimentées par batteries rechargées sur le réseau ou par groupes électrogènes, ou encore par kits photovoltaïques, petites éoliennes individuelles, petit moteur biogaz, etc. , ces installations ne peuvent alimenter que des besoins domestiques ou des activités individuelles (petit commerce ou artisanat peu consommateur d'énergie). Le niveau de puissance installé est typiquement de 50 W à 500 W.

Nous traiterons ici des installations individuelles et plus spécifiquement des systèmes photovoltaïques.

Enjeux de l'accès à l'électricité domestique

L'accès à l'électricité domestique est une aspiration forte des populations des pays en développement. Au niveau domestique, l'électricité permet :

- un service d'éclairage incomparablement meilleur que les autres solutions (bougie, lampe à pétrole), qui prolonge l'activité de la journée et améliore la sécurité ;
- le service audiovisuel (télévision ou radio), vecteur de liens et d'informations ;
- la recharge de batteries, ce qui comprend les accumulateurs comme les batteries de téléphones portables.

Pourtant, actuellement, une grande proportion des populations des Pays les Mois Avancés (PMA) ne dispose d'aucun accès à l'électricité. Ce sont essentiellement les populations des zones de faible densité, comme les zones montagneuses ou désertiques, ou simplement celles éloignées des centres économiques ou politiques. Cela s'explique par la dispersion des zones de peuplement, pour lesquelles la connexion au réseau est coûteuse, et les faibles capacités financières des utilisateurs. Les populations sans accès à une source d'énergie moderne utilisent alors des sources locales afin de s'éclairer (bois, bougie), ou parfois, pour les plus riches, des groupes électrogènes. Mais ces solutions coûtent de plus en plus cher (augmentation du prix du pétrole, raréfaction progressive du bois combustible), et détériorent l'espace de vie (déforestation, émission de fumées nocives).

Les kits photovoltaïques cherchent à répondre à ces deux enjeux : améliorer la disponibilité en énergie et assurer qu'elle soit propre et durable.

Principe général d'un kit photovoltaïque

Les kits photovoltaïques sont des installations individuelles permettant de valoriser l'énergie solaire pour des usages domestiques (éclairage, radio, etc.). Ils se composent d'un panneau solaire, d'une batterie, d'un équipement de régulation et de certains équipements d'usages optimisés (lampes fluorescente, etc.).

Le panneau solaire, composé de cellules photovoltaïques, assure la conversion directe du flux lumineux du soleil en électricité. Il délivre en général une tension de 6 V, 12 V ou 24 V. L'énergie étant rarement utilisée immédiatement, il est nécessaire de la stocker, pour la restituer au moment opportun. Le stockage de l'énergie est assuré par une ou plusieurs batteries. Un système de régulation doit être utilisé car les batteries sont des composants fragiles, qui supposent des cycles de charge / décharge (pas de surcharge, ou de décharge complète).



Panneau solaire à Koury (Mali) ©SSD Yeelen Kura

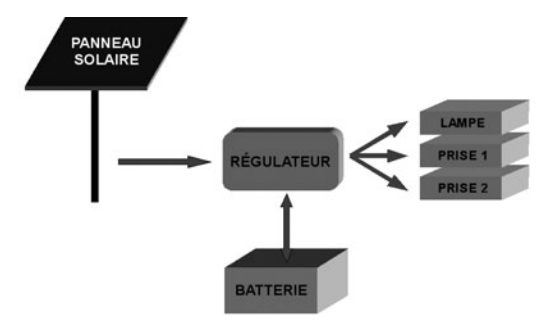


Schéma d'un kit solaire

En sortie, l'utilisateur obtient un courant basse tension (en général 12 V). Les appareils connectés sont donc des équipements fonctionnant en basse tension (12 V), l'utilisation d'un convertisseur permet d'utiliser des appareils standard 230 V à des tensions identiques. Pour éviter d'avoir à surdimensionner la production, ces appareils doivent être optimisés (basse consommation) pour consommer moins à qualité de service égal.

Le principal point faible des kits photovoltaïques provient des batteries, qui ont une durée de vie limitée. Elles s'usent d'autant plus vite que les modalités de charges / décharges ne sont pas bien respectées. Il convient alors de les changer régulièrement, ce qui a un coût financier et environnemental. Pour éviter au maximum ces mauvaises utilisations, il est nécessaire de bien dimensionner les équipements, de former les usagers et d'assurer un suivi efficace de la diffusion.

Les offres en kit photovoltaïque

Le coût des équipements photovoltaïques individuels est élevé. A titre indicatif, un kit photovoltaïque comprenant un module de puissance 55 Wc (Watt-crête[1]), une batterie, un régulateur, des câbles et des accessoires est commercialisé à 550 € (livré et installé) en Afrique du Sud. Au Mali, un kit d'une puissance de 28 Wc permettant le fonctionnement de 2 lampes et d'une radio par exemple est commercialisé autour de 530 €. Compte tenu du coût important de l'investissement, les programmes de diffusion de kits photovoltaïques proposent généralement 2 modes de fonctionnement :

- Achat de l'équipement :
  Les usagers achètent directement ou à crédit leur kit et leur matériel (lampe, télévision) via le programme et sont responsables de leur entretien. Ce type d'organisation suppose une capacité d'investissement des usagers, et une formation technique minimale pour l'entretien du matériel.
- Achat d'un service :
  Un opérateur (entreprise d'électrification, ONG) vend un service d'éclairage, un service audiovisuel au moyen d'un système d'abonnement ou de location de matériel. Il fournit le kit et les appareils adaptés dont il reste propriétaire. Il aura en charge le remplacement de ce matériel en cas de défaillance.

1. Le watt-crête (Wc) est une unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation électrique solaire pour un ensoleillement standard de 1000 Watt par m^2 à 25°C.

Dans le cas où un réseau électrique serait construit par la suite, ou si l'usager souhaite faire évoluer ou arrêter son contrat, le kit peut être facilement démonté et profiter à un autre bénéficiaire ou être vendu par l'usager s'il en est propriétaire.

Implication des acteurs du développement

Les pouvoirs publics

Les incitations peuvent être réglementaires, financières, fiscales. Ainsi, la législation peut prévoir l'établissement de spécifications techniques pour appuyer la mise à disposition de matériel fiable et de qualité. L'Etat peut décider la réduction de la fiscalité sur le matériel photovoltaïque (droits de douane et/ou TVA principalement) et la mise en place de mesures de subvention. Les agences d'électrification rurale lorsqu'elles existent, ont pour mission de promouvoir et d'accompagner la diffusion de technologies adaptées, elles sont le relais opérationnel des pouvoirs publics.

Les acteurs de la diffusion de kits photovoltaïques

Les porteurs de projets peuvent être aussi bien des opérateurs de développement (ONG, agence de coopération technique, institutions locales, etc.) que des acteurs privés. Ils interviennent en général au sein de grands programmes dans le cadre d 'une délégation de services (concession territoriale par exemple) octroyée par une institution (administration, agence, etc.).

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Etude de marché

Une étude de marché permet de fixer les contours du projet, en particulier le nombre potentiel d'utilisateurs, leurs besoins, les sources et usages actuels de l'énergie, les ressources financières à disposition. Pour cela, elle ne doit pas se limiter à un recensement des personnes potentiellement intéressées. Elle cherche également à comprendre les attentes, les besoins, les moyens et les logiques de futurs utilisateurs. L'étude de marché, réalisée par le porteur du projet, lui offre la possibilité de sensibiliser les populations potentiellement concernées aux spécificités de l'électricité provenant de kit photovoltaïque (voir ci-après).
Outre le choix des services, une délimitation des zones d'actions est à faire. Bien que le kit puisse être installé dans tous lieux, il est important de prendre en compte les déplacements pour entretien, et la nécessaire présence d'agents pour le paiement des abonnements en cas d'achat de services. Les opérateurs recherchent ainsi une densité minimum d'installation sur un territoire donné.

Dimensionnement des kits et des services proposés

Le dimensionnement du kit nécessite de connaître les besoins exprimés par les futurs bénéficiaires (nombre de points d'éclairage, type de matériel à connecter). Il faut alors calculer la consommation d'appareil type, et en déduire l'installation. Il s'avère alors utile d'avoir en tête un ordre de grandeur des besoins potentiels en énergie d'une famille :

- éclairage (lampe 10 W), 3 heures par jour : 30 Wh
- audiovisuel (TV n&b + parabole 15 W), 3 heures par jour : 45 Wh
- information (radio 10 W), 4 heures par jour : 40 Wh
- batterie portable : 5 Wh.

Le calcul permet d'évaluer une consommation journalière, à partir d'une définition de service. Il reste à faire correspondre à ce besoin un kit d'une puissance adaptée. L'énergie produite par jour dépend de la puissance du panneau, du potentiel d'ensoleillement et de la capacité de la batterie. Un kit photovoltaïque de 75 Wc peut par exemple produire une énergie journalière de 270 Wh. Une gamme de kits peut donc être proposée afin de mieux répondre aux besoins des usagers. Voici quelques exemples d'utilisation :

- puissance du panneau 60 Wc (Watt-crête) : 2 lampes et une télévision noir et blanc
- puissance de 120 Wc : 3 lampes et une télévision couleur.

Accompagner la diffusion de kits

Cibles :

Foyers individuels.

Données techniques :

La durée de vie d'un panneau solaire est en moyenne de 20 ans, la durée de vie d'une batterie (conserve 70 % de sa capacité) est d'environ de 3 ans.

Maturité technologique :

On trouve un matériel standard pour les kits PV depuis des décennies. Les batteries utilisées sont généralement des batteries de démarrage pour automobile qui ne présentent pas toujours le meilleur rapport qualité technique/prix mais sont le matériel le plus facilement disponible dans les PED.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de transfert de technologie :
Le matériel est rarement disponible localement. Il s'agit donc dans un premier temps de favoriser la mis en place de filières d'approvisionnement (panneaux solaires, batteries, appareils basse consommation). Les pièces sont ensuite assemblées en kits qui doivent répondre aux besoins identifiés

- Volet de formation à la diffusion et à l'utilisation :
Ces formations concernent aussi bien les futurs utilisateurs que les techniciens locaux chargés de la diffusion du matériel pour l'opérateur privé ou pour l'opérateur développement. Deux points en particulier sont à traiter : la sensibilisation au coût de fonctionnement pour permettre le remplacement du matériel comme les batteries et la bonne utilisation du matériel (entretien, pas de décharges profonde des batteries).

- Volet de contractualisation avec les utilisateurs et d'étude d'un modèle commercial :

Ce volet concerne la mise en place d'un dispositif permettant de recouvrer les abonnements. Le porteur de projet doit trouver un compromis entre l'apport d'un service pour le plus grand nombre et la sélection d'un minimum d'utilisateurs solvables afin de garantir un taux de recouvrement correct. Le recours aux systèmes de micro crédit est envisageable pour élargir l'accès à cette technologie et augmenter le nombre d'usagers, en profitant d'une publicité réalisée par les utilisateurs eux-mêmes.

Durée de projet :

La diffusion de kits batterie-système photovoltaïque a lieu sur le moyen terme (3 ans).

Compétences requises :

Electrification individuelle, gestion des batteries, formation et renforcement de capacité, vulgarisation, commercialisation.

Pérennisation :

Afin de rester viable, les projets d'installation de kits photovoltaïques doivent être en mesure de gérer le remplacement du matériel usagé (essentiellement les batteries) et de trouver les moyens de satisfaire de nouveaux usagers. Le remplacement des batteries est particulièrement crucial, et suppose d'avoir la trésorerie disponible. Il faut également sur le plus long terme anticiper la période de fin de vie des batteries et imaginer un processus de retraitement pour éviter une pollution.

Les impacts positifs et négatifs, les risques

Economiques

- ⬆ Création d'une entreprise de gestion des kits photovoltaïques (emplois d'agents et de techniciens) ;
- ⬆ La mise en place d'un kit solaire peut diminuer le coût de l'éclairage domestique par rapport à la consommation antérieure principalement en piles mais aussi en bougies ou pétrole lampant ;
- ⬇ Coût initial élevé pour des populations peu solvables.

Sociaux et sanitaires

- ⬆ Amélioration des conditions d'éclairage le soir : confort, sécurité ;
- ⬆ Accès à l'information (radio ou télévision) et par conséquent aux programmes pédagogiques ;
- ⬆ Possibilité d'équiper les centres de santé en éclairage et en froid.

Environnementaux

- ⬆ Diminution des émissions en gaz à effet de serre ;
- ⬆⬇ Risques de pollution des sols ou des sources d'eau dus aux déchets batteries mais à contrario moins de pollution de l'air (pétrole) et des sols (piles).

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux, valorisation de réductions d'émissions

Les kits photovoltaïques fonctionnent à l'énergie solaire, énergie dite renouvelable. Son utilisation pour la production d'électricité en remplacement d'une source fossile (gasoil, charbon, etc.) permet de lutter contre le changement climatique.

Les projets de diffusion de kits photovoltaïques sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project ») de type I « Energie Renouvelable ». Cela implique des installations d'une puissance cumulée maximum de 15 MW. La méthodologie AMS I.A. « Electricity generation by the user » donne les méthodes de calcul de réduction des émissions.

Illustration : "Photovoltaic kits to light up rural households in Morocco"

Opérateurs : *SCET-Maroc* et *GERERE*
Statut du projet : MDP
Crédit Carbone : *URCE*
Source d'information : www.unfccc.org.
Comptabilisation des crédits : 2007-2016
Méthodologie : AMS I.A. "Electricity generation by the user"[2]

Contexte et principe de la réduction d'émissions :

L'irradiation solaire quotidienne moyenne au Maroc est environ de 5.5 kWh/m2, l'énergie solaire représente donc un potentiel important. Ce projet vise la diffusion à l'échelle nationale de 101 500 kits photovoltaïques pour l'électrification des zones rurales du Maroc.

Grâce au projet, chaque foyer est équipé de kit individuel comprenant les installations basiques pour une utilisation domestique (prise, lampe). Chaque kit a une production d'énergie journalière moyenne de 0.45 kWh, en supposant que le système est en pleine productivité 6 heures par jour. En l'absence du projet, les villages concernés par la diffusion de kits utiliseraient de l'électricité provenant de générateurs fonctionnant au gasoil donc une énergie fossile.

Ordre de grandeur :

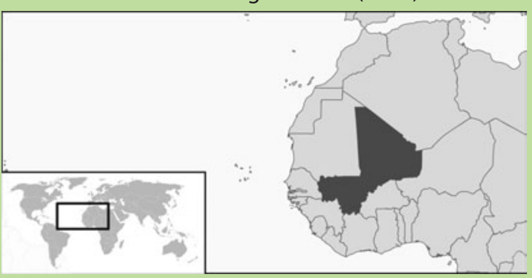
La réduction d'émission de *gaz à effet de serre* (GES) permise par les 101 500 kits installés est estimée en moyenne à 38 637 t CO_2 équivalent par an sur la période 2007-2016.

2. Disponible sur le site de la CCNUCC (www.unfccc.org).

ÉTUDE DE CAS

DIFFUSION DE KITS PHOTOVOLTAÏQUES DANS LE SUD-EST DU MALI

Projet financé par : SSD Yeelen Kura, gouvernement néerlandais
Ampleur : Projet de grande ampleur (budget annuel de 200 000 à 1 000 000 €)
Opérateur : SSD Yeelen Kura
Actionnaires : *EDF* (50%), NUON[3] (50 %)
Date réalisation : 1999-2005
Zone de projet : Région de Ségou et Sikasso, sud-est du Mali
Bénéficiaires : 1 200 usagers kit PV (2007)



Contexte

La société de service décentralisé (SSD) Yeelen Kura a été créée en mai 2001. Elle produit de l'électricité et commercialise des services énergétiques dans une cinquantaine de villages de la zone cotonnière du Mali, à l'est de Bamako. Les services fournis s'appuient sur l'utilisation de kits photovoltaïques ainsi que de micro-réseaux fonctionnant au gasoil.

Activités mises en œuvre par le projet

Les services proposés par la société sont essentiellement domestiques et s'appuient sur la mise à disposition de kits photovoltaïques de 60 à 120 Wc, installés dans chaque foyer. Les usagers sont liés par contrat. Ils paient un prix fixe, qui est fonction du service proposé. L'offre de base comprend l'accès à l'éclairage, par deux sources lumineuses. Elle s'élargit ensuite jusqu'à inclure trois lampes et une connexion pour radio et télévision couleur.

Exemple de prestation (tarification avant partenariat AMADER) :

	Service 1	Service 2
Type de prestation	2 lampes 1 prise de 30 W maximum en 12 V Kit PV 60 Wc	3 lampes 1 prise de 70 W maximum Kit PV 120 Wc
Tarifs	Raccordement et garantie 21 240 FCFA (32,38€) Abonnement mensuel 5 900 FCFA (8,99€)	Raccordement et garantie 29 500 FCFA (44,97€) Abonnement mensuel 9 000 FCFA (13,72€)

3. Nuon est une entreprise néerlandaise de production, transport et distribution d'énergie (gaz et électricité).



Batterie protégée (©SSD Yeelen Kura)



Installation intérieure : lampe et télévision (©SSD Yeelen Kura)

Bilan et évolution du projet

Après six années d'existence, Yeelen Kura compte plus de 1 200 usagers connectés au kit PV, soit plus de 30 000 usagers et plus de 30 salariés maliens. D'autres foyers sont intéressés par l'installation de kits. Quant à ceux qui ont cessé leur abonnement, on peut noter comme raison principale soit les difficultés financières d'agriculteurs qui subissent la crise cotonnière soit le raccordement au micro réseau.

Le projet se poursuit avec l'installation de nouveaux kits solaires. La société Yeelen Kura a reçu pour cela une nouvelle subvention de l'Agence Malienne pour le Développement de l'Energie Domestique et de l'Electrification Rurale (AMADER), qui lui permet d'acheter 400 kits. Suite à cette subvention, Yeelen Kura s'est engagée à baisser ses tarifs. Enfin, en lien avec le *GERES*, Yeelen Kura met en place une filière de traitement / valorisation de ses batteries usagées.

En savoir plus

Bibliographie :

« Électrification rurale par énergies renouvelables en Afrique Sub-Saharienne », Observ'ER, 2007 (Scarabée 19-20), http ://www.areneidf.org

« Dossier pédagogique énergie et développement durable en milieu rural en Afrique - Fiche n°5 : L'accès à l'électricité et ses applications domestiques » –E. Buchet et B. Pallière. 2008. Publication GERES.

Internet :

Site de Light Up the World Fundation : *http ://www.lutw.org*
Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net
Site de l'ADEME- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : *www.ademe.fr*
Site de la Fondation Énergies pour le Monde : www.energies-renouvelables.org



SECTION 2

ENERGIE ET BÂTIMENT

Le choix a été fait, dans cette section, de s'intéresser aux bâtiments des régions froides. Les constructions en régions tropicales, sub-tropicales ou désertiques ne seront donc pas traitées. En effet, pour les populations les plus pauvres, l'atteinte d'un niveau de confort satisfaisant représente des consommations d'énergie et des dépenses particulièrement fortes dans les zones froides (chauffage). De plus en régions chaudes, les bâtiments sont certes souvent très inconfortables, mais rarement climatisés ou rafraîchis. En ce sens les enjeux climatiques sont faibles, sauf dans le cas des populations les plus aisées ou pour les bâtiments publics.

On adoptera des approches différentes selon le type de bâtiment. On distinguera ainsi l'habitat domestique individuel, le bâtiment public (hôpital, écoles, etc.) et le bâtiment tertiaire (bureaux d'entreprises, usines, etc.). Selon le type, les matériaux de construction et la durabilité diffèrent, de même que les besoins et les sources d'énergie de chauffage.

L'énergie employée pour le chauffage peut être d'origine fossile (bâtiment public et tertiaire) ou de type biomasse énergie (habitat domestique). La qualité thermique des constructions est souvent faible et entraîne de nombreuses déperditions de chaleur. Or le chauffage implique des dépenses et/ou du temps de collecte de bois ou de déchets combustibles (bouses, etc.) selon les cas. L'énergie de chauffage peut, de plus, avoir un impact sur l'environnement et le climat lorsque la source d'énergie est de type *biomasse non renouvelable*.

Il existe à présent des solutions techniques pour pallier ces problèmes d'énergie. L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et la mobilisation de l'énergie solaire en complément des énergies traditionnellement utilisées sont des solutions qui seront développées dans cette section. Ces mesures constituent un moteur essentiel de développement humain. Pour l'habitat domestique, elles améliorent le confort de vie, permettent la réduction des dépenses liées au chauffage et/ou de la pénibilité de collecte du bois et peuvent contribuer au développement de l'artisanat familial en hiver. De manière plus générale, elles concourent à la protection de l'environnement et à la lutte contre le changement climatique.

L'architecture bioclimatique en zones froides

Par manque de moyens financiers, de matériaux disponibles ou de savoir-faire, la qualité des constructions pose souvent problème dans les pays du Sud. Dans les régions froides, l'isolation thermique des bâtiments se révèle souvent très mauvaise. Or le chauffage entraîne des dépenses et/ou du temps de collecte de bois selon les cas. De plus, l'énergie de chauffage peut avoir un impact sur l'environnement lorsque la source d'énergie est de type biomasse non renouvelable.

Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et ainsi réduire les besoins en combustibles, est un enjeu important pour les pays du Sud. L'architecture bioclimatique est, en ce sens, particulièrement pertinente dans les régions froides. Elle permet, en travaillant sur l'orientation du bâtiment, sa conception et son isolation, de réduire les besoins énergétiques de chauffage et, par conséquent, de réduire la consommation de combustibles. L'architecture bioclimatique apporte également un meilleur confort et une amélioration de la santé des utilisateurs.

Deux types de bâtiment seront particulièrement à l'étude dans cette fiche : les bâtiments publics (ou ceux du secteur tertiaire) et l'habitat domestique rural. Pour ces deux types, les enjeux diffèrent et demandent une approche adaptée. Deux études de cas seront ainsi présentées dans cette fiche pour une illustration complète.

L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE AU SERVICE DES PAYS DU SUD

Les contraintes du chauffage

Dans les zones froides, souvent montagneuses, des Pays en Développement (PED) le chauffage des bâtiments en hiver est un réel défi.

La mauvaise qualité des systèmes de chauffage, la perte des connaissances architecturales ancestrales, l'emploi de matériaux modernes, bon marché et thermiquement inefficaces (béton, etc.), font que le chauffage des habitations ou des bâtiments publics requiert beaucoup d'énergie et donc de combustibles.

Pour les bâtiments publics, cela entraîne des coûts de chauffage élevés; dans le cas de l'habitat domestique, les femmes sont obligées de consacrer un temps important à la collecte de bouses ou branches d'arbres.

La désertification progressive, ainsi que l'isolement de ces zones, rendent les combustibles de plus en plus rares et de plus en plus chers. En hiver, cette pénurie de combustible, associée à la mauvaise qualité des constructions entraînent un chauffage insuffisant et des températures rarement supérieures à 12°C dans les bâtiments privés et publics.

Les principes généraux du bioclimatisme

L'architecture bioclimatique se définit comme une architecture cherchant un équilibre entre la conception et la construction de l'habitat, son milieu (climat, environnement) ainsi que les modes et rythmes de vie des habitants. Elle s'adapte à de nombreux types de bâtiments aussi bien pour des constructions neuves que pour la réhabilitation de bâtiments anciens. Dans beaucoup de situations, il s'agit de réintégrer des concepts connus des ancêtres. Le résultat d'une réhabilitation ou d'une construction doit également être adapté au contexte culturel local aussi bien au niveau esthétique qu'au niveau fonctionnel.

Cette architecture permet de réduire les besoins de chauffage qui peuvent être divisés par deux. Cela se traduit, selon les cas, soit par une réduction de consommation de combustibles d'au moins 50 %, accompagnée d'une augmentation de la température de plusieurs degrés, soit par une augmentation significative de la température à consommation égale.

Le bioclimatisme en climat froid repose sur la recherche d'économies d'énergie obtenues en maximisant les gains solaires et en minimisant les déperditions thermiques. Plusieurs techniques existent, mais les principes généraux restent les mêmes : capter l'énergie solaire, la diffuser et conserver la chaleur.

Capter l'énergie solaire, la diffuser et conserver la chaleur

Le captage de l'énergie solaire est obtenu par la configuration et l'orientation d'un bâtiment et, également, par l'adjonction d'éléments permettant un gain de chaleur. Par exemple, la construction de bâtiments asymétriques, avec une grande face orientée au sud percée de larges fenêtres et une petite face orientée au nord, permet l'optimisation du captage de l'énergie solaire. Les pièces sont agencées pour placer les plus importantes vers le sud et les moins occupées vers le nord.
L'adjonction de « vérandas attachées » sur la face sud d'un bâtiment permet son chauffage passif grâce à l'énergie solaire (cf. Etude de cas). Un autre dispositif, le mur « Trombe », consiste à installer une fenêtre en

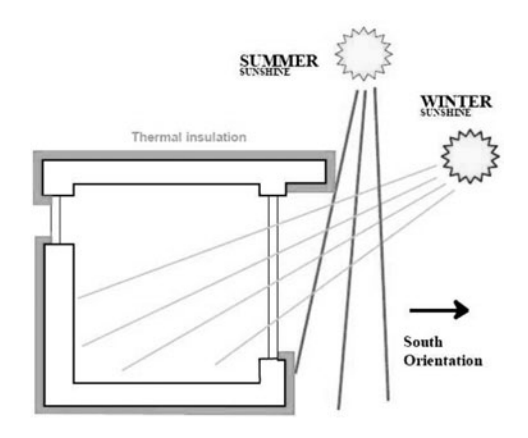
double vitrage derrière laquelle un mur teinté en noir permet d'augmenter le captage de l'énergie. Il faut noter que l'esthétique de ces procédés n'est pas toujours bien perçue par les familles.



Dispositif de véranda-attachée sur une maison en Afghanistan

La diffusion de la chaleur passe par l'emploi de « masses thermiques ». La masse thermique est un élément de la construction (sol, mur, revêtement, cloison) ayant une capacité à stocker la chaleur de la journée et à la restituer la nuit. La capacité de la masse thermique dépend de son épaisseur et des matériaux qui la composent (briques crues, terre ou pierre, argile, céramique). Une bonne masse thermique procure un confort thermique par une diffusion progressive de la chaleur à la tombée de la nuit, tandis que la température extérieure diminue.

On assure la conservation de la chaleur par l'isolation thermique (toit, mur, sol), et par l'utilisation de double vitrage et de rideaux pour la nuit. Pour éviter la surchauffe en période estivale, on peut construire une avancée de toit sur la face sud qui protège des rayons du soleil en été.



Importance de la configuration du bâtiment

Les bâtiments neufs construits en respectant ces règles sont plus efficaces que les bâtiments rénovés (réhabilités). En effet, une grande partie de l'efficacité tient à la conception même du bâtiment et à son orientation, qui ne sont pas modifiables. L'isolation peut s'intégrer dans tous les types de bâtiments alors que les techniques de gain solaire s'appliquent aux bâtiments ayant une face orientée sud. En contexte urbain, les obstructions et les orientations des rues peuvent rendre difficile l'intégration de techniques de gains solaires.

NB : Les orientations sud et nord sont décrites pour des constructions dans l'hémisphère nord. En cas d'interventions dans l'hémisphère sud, elles doivent être inversées.

Contextes d'application

2 cas ont été retenus pour être approfondis au cours de la fiche.

Les bâtiments publics ou tertiaires

Ils représentent un investissement important car les matériaux de construction sont souvent modernes (béton, acier). Les combustibles sont généralement commerciaux, gaz, fioul, charbon (énergies fossiles) ou bois. Le coût de chauffage pour ces bâtiments peut être très important. Ainsi le budget de chauffage d'un hôpital peut représenter jusqu'à 20% du budget total de fonctionnement de la structure. L'utilisation de ces bâtiments est le plus souvent diurne, rarement nocturne (à part les hôpitaux). Des systèmes de gain solaire direct consistant en l'installation d'une baie vitrée orientée au sud sont pertinents.

L'habitat domestique rural

Il est souvent réalisé en auto construction à partir de matériaux disponibles sur place et fait appel à des savoir-faire locaux (charpentiers, maçons). Le chauffage se fait le plus souvent avec du bois ou des bouses séchées qui sont collectés dans les environs (forêts, taillis) et généralement d'accès gratuit. La collecte peut mobiliser plusieurs heures de la journée et impliquer de parcourir de longues distances. Dans ce cas, un aménagement de l'habitat pourra offrir à ces familles une réduction de la pénibilité et du temps passé. De plus les bouses économisées peuvent être utilisées pour l'amendement des sols. L'utilisation de ces bâtiments est diurne et nocturne : le gain solaire est stocké durant la journée dans la masse thermique (murs, cloisons) pour être restitué le soir.

Implications des pouvoirs publics

D'une manière générale, il s'agit pour les pouvoirs publics de diffuser auprès des populations, des acteurs institutionnels, des ONG et des entreprises privées le concept et les techniques bioclimatiques pour faire de cette architecture un standard de construction. L'accompagnement institutionnel sera illustré dans le cadre de l'étude de cas.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

La présélection de sites d'intervention

Les projets de réhabilitation ou de nouvelles constructions intégrant les principes bioclimatiques en régions froides, sont particulièrement pertinents dans plusieurs cas :

- Zones très froides (hiver long et rigoureux) où les besoins de chauffages sont importants.
- Zones ayant un déficit de combustibles biomasses entrainant un phénomène de déforestation et/ou de désertification.
- Zones isolées ayant recours à des combustibles fossiles. L'acheminement de ces combustibles requiert un transport long, cher, difficile à organiser et consommateur d'énergie.

Ces trois facteurs sont loin d'être incompatibles, et il n'est pas rare de trouver des zones très froides, quasi désertiques et isolées. Les projets sont d'autant plus pertinents quand les facteurs sont multiples et de grande ampleur.

Exploration des modalités de financement des investissements

La construction ou la réhabilitation en techniques bioclimatiques représentent des surcoûts de l'ordre de 10 % par rapport aux techniques traditionnelles. L'étude doit analyser les capacités d'investissement des cibles du projet (pouvoirs publics, collectivités, foyers individuels) et proposer des modalités de financement, système de prêt, de subvention, de micro-crédit.
Dans le cas de l'habitat domestique, l'étude intègre l'accès aux matériaux (matériaux locaux et commerciaux, troc) ainsi que les systèmes d'entraide et de prêts traditionnels et modernes. Des groupes cibles sont définis (communautés, autorités locales, entrepreneurs, artisans) pour mener les enquêtes.

Caractérisation des savoir-faire et des matériaux disponibles

Dès lors que le site d'intervention est sélectionné, il s'agit de faire l'inventaire des savoir-faire et des corps de métiers disponibles dans la zone. Qu'il s'agisse d'entreprises de construction en zone urbaine ou de petits artisans en zone rurale, ils seront le relais essentiel par lequel les techniques bioclimatiques pourront être diffusées. Ils pourront recevoir des formations dans le cadre du projet.
Il faut également vérifier la disponibilité sur place des matériaux, notamment isolants. Il y a parfois des risques de compétition d'usage pour un même matériau. Par exemple, la paille est un isolant efficace dont l'utilisation est souvent préconisée pour diminuer les pertes de chaleur de l'habitat domestique. Cependant, la paille est aussi utile pour l'élevage (fourrage). Il y a donc possibilité de compétition entre différents usages qu'il faut anticiper lors de l'étude de faisabilité.

Réhabiliter ou construire selon des techniques bioclimatique

Cibles et acteurs à impliquer :

Dans le cas de bâtiments publics ou tertiaires le projet cible les ministères concernés pour l'élaboration de plans standard, la planification, l'organisation des constructions. Il implique également les entreprises de construction et les petites entreprises de fabrication de matériaux isolants, qu'il s'agit de sensibiliser et de former à ces nouvelles techniques.
Dans le cas de l'habitat domestique, le projet cible les maçons et charpentiers qui aideront les familles à mette en œuvre les techniques. Il implique les représentants des communautés pour promouvoir les projets et les petits commerces qui assurent l'approvisionnement en matériaux des zones reculées.

Fonctionnalité, performances :

La mise en application des principes présentés précédemment permet :

- Une réduction des besoins de chauffage jusqu'à 70 % ;
- Une augmentation de la température du bâtiment qui peut aller de 5 à 15° C.

Maturité technologique :

Dans les pays développés les architectures et techniques bioclimatiques sont maîtrisées et en perfectionnement constant. Mais les dispositifs sont relativement chers et peu adaptés aux pays en développement, où les technologies bioclimatiques sont en perpétuelle évolution.
Elles consistent d'une part à adapter des techniques innovantes développées en occident en les simplifiant et en réduisant drastiquement les coûts et d'autre part à "redécouvrir" des techniques ancestrales oubliées pour différentes raisons (conflit de longue durée, influence du "modernisme").
Les adaptations, recherches et améliorations feront évoluer ces technologies pour en optimiser l'efficacité, en réduire les coûts et en favoriser l'intégration dans le contexte local. Elles portent par exemple leur attention sur les isolants naturels disponibles localement (coton, laine de mouton, bouses, roseaux) ou la mise au point de matériaux de construction isolants à partir de procédés simples (briques en boue et paille, terre compressée).

Etapes projet :

Un projet de réhabilitation ou de construction en architecture bioclimatique comprend de nombreuses étapes incluant des actions de sensibilisation, de transfert de technologie, de formation, d'appui à des filières de matériaux. Les étapes clés sont les suivantes :

- Création de sites de démonstration pour diffuser le concept et les techniques :

L'architecture bioclimatique est basée sur une technologie inconnue de la plupart des populations auxquelles elle est destinée. Il est difficile de l'introduire sans in-

formations, formations et démonstrations préalables. Pour convaincre les futurs utilisateurs de l'intérêt de ce type de construction, une des manières les plus efficaces est de réaliser des bâtiments de démonstration. Ceux-ci doivent être choisis parmi ceux qui sont les plus utilisés par les communautés (maisons communes, endroits stratégiques des marchés, habitations des porte-parole de la communauté, habitations proches des lieux de cultes). Ces sites de démonstration doivent pouvoir être visités aussi souvent que possible et présentés par les utilisateurs eux-mêmes.

- Transfert de technologie auprès des corps de métiers, développement de micro-entreprises :

Les techniques mises en place sont généralement peu connues des communautés ou des partenaires. Un transfert de connaissances technologiques est donc primordial pour favoriser la dissémination des outils. Il doit s'orienter principalement en direction des gestionnaires des bâtiments, en particulier les équipes techniques, et vers les artisans locaux (charpentiers, maçons).

Après plusieurs expériences de chantiers de construction selon des techniques bioclimatiques, ces acteurs doivent pouvoir travailler d'une façon autonome, depuis la conception et le dimensionnement jusqu'à la réalisation finale, en passant par le choix des différentes techniques possibles, des matériaux et des fournisseurs, la recherche des "clients", la maintenance des installations.

Dans les zones rurales, on ciblera les artisans pour aider les familles à réhabiliter leur maison particulière. Lorsqu'il s'agit de chantiers plus importants portant par exemple sur les bâtiments publics, on travaillera avec les entreprises de construction.



Véranda en construction

- Campagne de sensibilisation à la réhabilitation et à la construction, promotion des savoir-faire acquis :

En complément du site de démonstration, il est toujours intéressant de sensibiliser les acteurs à l'efficacité énergétique des bâtiments ainsi qu'aux économies financières et à l'amélioration de bien-être que cela peut apporter. L'utilisation d'outils de communication (dépliants, réunions participatives, etc.) permet de diffuser ces concepts et de faire la promotion des nouveaux savoir-faire des corps de métiers qui ont suivi les formations.

- Formation à la maintenance (cas des installations solaires passives) :

Une des techniques pour les habitations privées, transposable aux bâtiments publics, consiste à ajouter une véranda en ossature bois couverte d'une bâche plastique en façade sud du bâtiment. Le plastique est retiré en été, pour éviter les surchauffes, et doit être régulièrement changé. C'est une tâche simple, mais elle requiert un certain savoir-faire qui doit être enseigné aux utilisateurs. Le choix du plastique est également un point important, il permet d'obtenir le meilleur rapport durée de vie/prix/efficacité. La formation des utilisateurs à la maintenance de ces vérandas est donc primordiale.

- Développement du marché de matériaux :

Les matériaux d'isolation classiques sont rarement disponibles dans les zones isolées et sont de qualité moyenne dans les agglomérations. Pour assurer la pérennisation du projet et sa dissémination, il est important de rendre ces matériaux (polystyrène, laine de verre, plastique) disponibles.

Les matériaux isolants sont souvent polluants. Il faut donc développer, en même temps que le marché, une filière de recyclage. Les isolants naturels (paille, bouse, coton, laine, roseau), quant à eux, sont disponibles sur place mais rarement utilisés comme isolants thermiques ou même comme matériaux de construction. Le développeur du projet devra donc diffuser les techniques en prenant soin de ne pas déséquilibrer les marchés existants.

- Suivi et évaluation :

Le suivi et les évaluations incluent des composantes énergétiques, sociales et des études d'impact. Un suivi énergétique précis et complet (température, consommation de combustibles, confort) est nécessaire. Il doit avoir lieu sur des bâtiments réhabilités et traditionnels qui sont comparables les uns aux autres. Le manque de données théoriques précises et fiables impose parfois un suivi de terrain pour obtenir une évaluation correcte.

Durée de projet :

La durée moyenne d'un projet est de 3 à 5 ans. A titre indicatif : au cours de la 1ère année on établit un diagnostic des bâtiments ; durant la 2ème année on procède à l'organisation des partenaires, la construction de bâtiments de démonstration ; la 3ème année permet la réalisation des constructions et/ou des réhabilitations ; les opérations de suivi et de diffusion ont lieu pendant les 4ème et 5ème années.

Compétences requises :

Architecture, génie civil, ingénierie des matériaux, développement rural, thermique des bâtiments, évaluation économique, développement communautaire, microfinance.

Impacts positifs, négatifs et risques

Sociaux-économiques

Globalement

- ⬆ Augmentation sensible de la température intérieure des constructions.

Cas de l'habitat domestique

- ⬆ Réduction significative des dépenses de chauffage des ménages (jusqu'à 70 %). C'est le principal poste de dépense en hiver si les combustibles sont achetés ;
- ⬆ Réduction du temps de collecte de combustibles qui peut être alloué à d'autres tâches ;
- ⬆ Augmentation du potentiel de temps de travail pour des activités artisanales (amélioration du confort) ;
- ⬆ Développement ou spécialisation de métiers existant tels que charpentier ou maçon ;
- ⬆ Limitation des maladies causées par le froid ou les fumées des poêles, notamment pour les enfants;
- ⬇ Coût élevé de la réhabilitation qui peut nécessiter le développement d'instruments financiers adaptés comme le micro-crédit ;
- ⬇ Frais de maintenance parfois élevés pour les utilisateurs.

Cas des bâtiments publics et tertiaires

- ⬆ A long terme, réduction des dépenses de chauffage des bâtiments publics ;
- ⬆ Augmentation du confort pour les utilisateurs (patients, écoliers) et pour le personnel ;
- ⬇ Coût élevé de la réhabilitation pour des collectivités aux budgets souvent limités et qui doivent faire face à d'autres priorités.

Environnementaux

Cas de l'habitat domestique

- ⬆ Réduction de la pression sur les ressources naturelles par la réduction de consommation de combustibles type bois-énergie ;
- ⬆ Réduction d'émissions de *gaz à effet de serre (GES)* provenant de la consommation de combustibles fossiles ou issus de *biomasse non renouvelable* pour le chauffage ;
- ⬇ Lorsque l'utilisation de matériaux naturels n'est pas possible, introduction de matériaux parfois polluants (plastique, polystyrène, laine de verre) et nécessité de créer une filière de recyclage.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

L'architecture bioclimatique a un impact d'atténuation du changement climatique, par la réduction de consommation d'une énergie fossile ou issue de biomasse non renouvelable. Elle est d'autant plus pertinente de ce point de vue que la zone d'implantation du projet est désertique ou en cours de désertification. Les combustibles utilisés pour le chauffage des bâtiments sont soit du fioul (qui reste minoritaire), soit des combustibles issus de biomasse ramassés ou achetés (buissons, bois, bouses). La diminution de consommation pour le chauffage permet d'économiser des combustibles et donc de réduire les émissions de GES.

Valorisation de réductions d'émissions

Les projets d'architecture bioclimatique sont en général éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP). On s'intéresse aux projets MDP de petite échelle (« small scale project ») et dans la catégorie II, qui regroupe les projets d'efficacité énergétique. La méthodologie AMS II. E « Energy efficiency and fuel switching for buildings » donne les méthodes de calcul de réduction des émissions.

Illustration : « Moldova Energy conservation and greenhouse gases emissions reduction"

NB. Ce projet consiste à la mise en place de mesures d'efficacité énergétique dans des bâtiments en zones froides. Il ne fait cependant pas appel à des techniques bioclimatiques. Il montre cependant l'importance de l'économie d'énergie pour les bâtiments dans la lutte contre le changement climatique.

Statut du projet : MDP
Source d'information : CCNUCC, www.unfccc.org
Crédit carbone : *URCE*
Méthodologie : AMS II. E "Energy efficiency and fuel switching for buildings[1]" et AMS III.B "Switching fossil fuels"
Comptabilisation des crédits : 2006-2015

Contexte et principe de la réduction d'émissions :

Le climat en Moldavie est tempéré continental. Les hivers sont intermédiaires et courts, les étés sont longs et peuvent être très chauds. La moyenne annuelle des températures est de 8 à 10° C selon les zones du pays. Le mois le plus froid est janvier où la température moyenne est de – 5° C. De nombreux bâtiments publics sont de faible qualité et peu adaptés aux grandes amplitudes thermiques. Une importante déperdition de chaleur a lieu en hiver.
Le projet prévoit la rénovation de 32 bâtiments publics (hôpitaux, écoles, etc.) pour améliorer l'efficacité énergétique (isolation, remplacement des fenêtres et des portes). Il permet ainsi la réduction de consommation de combustibles fossiles (fuel, charbon, gaz naturel) pour le chauffage des bâtiments.

Ordre de grandeur :

Entre 2006 et 2015, pour les 32 bâtiments, on prévoit une économie moyenne de 11 567 t CO_2 équivalent par an.

1. Efficacité énergétique et remplacement de combustibles dans les bâtiments, disponible sur le site internet de la CCNUCC, *www.unfccc.org*.

ÉTUDE DE CAS

INTRODUCTION DE DISPOSITIFS SOLAIRE-PASSIF DANS L'HABITAT EN AFGHANISTAN

Projet financé par : Commission Européenne
Opérateur : GERES
Partenariat : MADERA
Date réalisation : 2007
Budget : 175 000 €
Nb de bénéficiaires : 50 familles bénéficiaires directes (environ 350 personnes)

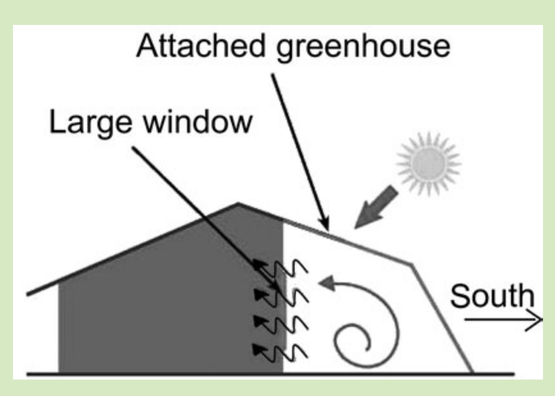


Contexte

Les deux districts de Behsud, au cœur de l'Hazaradjat afghan, sont des zones de montagnes quasi désertiques et très isolées (3 jours de voiture depuis Kabul, 1,5 jour depuis Bamyan). Les villages, répartis dans des vallées difficiles d'accès, sont situés entre 2500 et 3500 mètres d'altitudes. Dans ces régions, l'hiver très rude – les températures pouvant descendre jusqu'à -30°C – et long paralyse la région et ses habitants pendant plus de 5 mois par an. Se chauffer est donc un véritable défi. Le bois est très rare, et les combustibles les plus fréquemment utilisés sont des bouses mélangées à de la paille puis séchées ainsi que des buissons ramassés dans les montagnes environnantes. La collecte de ces buissons requiert plusieurs heures de marche et il faut aller de plus en plus loin chaque année. C'est dans ce contexte qu'un projet d'architecture bioclimatique pour l'habitat domestique a été proposé.

Activités mises en œuvre par le projet

La serre attachée aux bâtiments est une application particulière du bioclimatisme. L'ossature en bois couverte par une bâche plastique augmente considérablement les gains de chaleur et en limite les pertes. De plus, la nouvelle pièce ainsi créée devient un espace de vie agréable et chaud. Pour favoriser l'entrée de l'air chaud de la serre dans la maison il est parfois nécessaire d'agrandir les fenêtres et de les rénover. Elles sont souvent de mauvaise qualité avec un espace entre le cadre en bois et le mur ou une absence de joints et contribuent à la mauvaise isolation de la maison. Le survitrage, c'est-à-dire l'ajout d'un double vitrage, permet de limiter les pertes de chaleur et de diminuer les besoins de chauffage. Le toit est également isolé par l'ajout de paille ou de laine de mouton entre les solives en bois. En moyenne, une réhabilitation complète permettant de chauffer deux pièces coûte 330 € (Kaboul, 2008). A elle seule la serre revient environ à 230 € (10 * 2 m).



Principe de fonctionnement d'un système solaire passif



Habitat aménagé avec un système solaire passif

Bilan

Par une température extérieure de -10°C, la température à l'intérieur des maisons ne descend pas, même au milieu de la nuit, en dessous de 20°C, alors que dans une habitation traditionnelle 10°C est quasiment un maximum. La consommation de combustibles dédiés au chauffage est en moyenne réduite de moitié. Ce projet a été bien accepté par les populations. Sa pérennité est assurée car dès la deuxième année, des autoréplications ont été repérées.

ÉTUDE DE CAS

MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS PUBLICS, AFGHANISTAN

Projet financé par : *FFEM* (Fonds Français pour l'Environnement Mondial)
Ampleur : Projet de grande ampleur, budget annuel supérieur à 1 million d'€
Coordinateur du programme : *ADEME*
Opérateur terrain : *GERES*
Partenaires institutionnels afghan : *NEPA*, Ministère de la Santé Publique, , Ministère de l'Energie et de l'Eau, Ministère de l'Education
Partenariats internationaux : *BMZ, GTZ, DED, USAID*, Banque Mondiale, Banque Asiatique de développement ; *UNEP, UNOPS, UNDP, IOM*
Secteur privé, ONG : *TMF, AEP*, Afghan local communities (Shura), CARITAS Germany, Ibn Sina, KROA, AFRANE
Durée du projet : 2006-2009
Objectifs :
- 100 bâtiments bioclimatiques (écoles, cliniques)
- 350 ingénieurs formés
- 2 bâtiments de démonstration accessibles au public
- Plus de 200 000 bénéficiaires directs et indirects



Contexte

L'Afghanistan a perdu plus de 148 000 hectares de surface boisée entre 2000 et 2005. Le prix du kilogramme de bois a été multiplié par 4 en 6 ans pour atteindre 0.65 € par ser (unité afghane représentant 7 kg) en 2008. Actuellement, les hôpitaux et cliniques ne sont pas suffisamment chauffés, par manque de moyens, même si le budget de chauffage représente plus de 30 % des coûts d'exploitation. Les écoles ne sont pas chauffées du tout et doivent fermer en hiver, ce qui conduit à une limitation du programme scolaire. Les projets de reconstruction prévoient la réalisation de 5000 écoles et de 400 cliniques dans le pays pendant les 4 prochaines années.

Activités mises en œuvre par le projet

Construction de bâtiments :
Le projet prévoit la construction de bâtiments pilotes. Des simulations thermiques seront faites pour mieux préparer la construction de nouveaux bâtiments.

Formation et renforcement de capacités :
Ces formations seront focalisées sur l'introduction des techniques d'isolation, la dissémination des bonnes pratiques. Elles s'adressent principalement aux acteurs de la construction.

Support aux fournisseurs de matériaux :
Le projet prévoit de favoriser le développement du marché des isolants et des systèmes de chauffage efficaces. Les filières de matériaux isolants locaux et naturels seront développées en priorité.

Communication autour de l'efficacité énergétique :
Ce volet de sensibilisation s'adresse aux décideurs, pour leur faire prendre conscience de l'importance de l'efficacité énergétiques des bâtiments et aux entrepreneurs, pour les sensibiliser à de nouvelles techniques de construction.

Bilan provisoire

264 bâtiments (165 000 m^2 habitables) sont en cours de construction ou de réhabilitation alors que l'objectif initial était de 100 bâtiments. Il reste à inscrire durablement ces savoir-faire dans les politiques publiques des ministères les plus concernés et d'élargir les secteurs d 'activités (secteur commercial).

En savoir plus

Bibliographie :

« Maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé des pays en développement », GERES, 2003 Marie-Aimée Quadrio,
« L'isolation écologique - Terre vivante », 2006 Jean-Pierre Oliva
« Promoting energy efficiency investments- International Energy Agency (IEA)", 2008
« Domestic passive solar housing in cold areas of Afghanistan", GERES, 2008
"Sustainable Urban Housing in China: Principles and Case Studies for Low-Energy Design", 2007, Leon Glicksman, Juintow Lin
"Building with Straw: Design and Technology of a Sustainable Architecture", 2005, Gernot Minke, Friedemann Mahlke

Internet :

Site de GERES Inde : www.india.geres.eu/
Site de ICIMOD – International Center for Integrated Mountain Development : www.icimod.org
Site de Build it Solar: www.builditsolar.com

SECTION 3

SERVICES ÉNERGÉTIQUES DE PROXIMITÉ

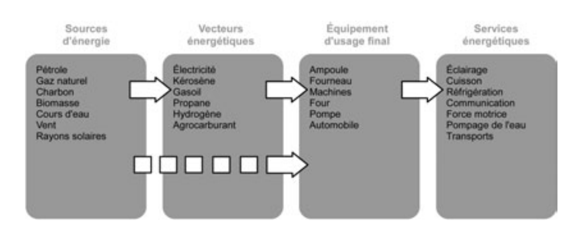
Les populations des Pays en Développement souffrent d'un accès limité à l'énergie, notamment dans des zones pauvres et enclavées et plus généralement dans le cadre de l'augmentation du prix des énergies fossiles. L'énergie est pourtant indispensable au niveau domestique et est une composante essentielle du développement d'activités économiques. Ainsi, les processus de transformation des produits agricoles, l'artisanat, la fourniture de services par une entreprise ou une collectivité (chauffage, éclairage) sont autant de besoins en énergie productive. Ces activités visent la création de revenu et sont une première étape clé pour sortir de la pauvreté.

L'objet de cette section est d'introduire des exemples visant à développer une offre de « services énergétiques » auprès des populations et auprès des petites et moyennes entreprises (PME) et/ou des collectivités (selon le cas) des pays du Sud. Les opérations ont généralement des objectifs multiples qui consistent à développer des services énergétiques à coût abordables et à améliorer l'efficacité d'utilisation de l'énergie (équipement). Lorsque cela s'avère pertinent, le fonctionnement des services est permis par des énergies renouvelables (solaire, éolien, agrocarburants, etc).

L'ÉNERGIE, UN MOTEUR ESSENTIEL DU DÉVELOPPEMENT

Notion de services énergétiques

Les services énergétiques sont le dernier maillon de ce qui est communément désigné sous le terme de « chaîne énergétique » et qui englobe la collecte des ressources énergétiques, la conversion éventuelle en vecteurs énergétiques, jusqu'à permettre l'usage final. Par services énergétiques, on entend les services que fournissent l'énergie et les appareils fonctionnant à l'énergie. Ces services comprennent l'éclairage, la chauffe utilisée pour la cuisson des aliments, le chauffage des maisons, l'énergie pour les transports, le pompage de l'eau, les moulins, et de nombreux autres services comme les télécommunications, rendus possibles par les divers combustibles, l'électricité et l'énergie mécanique.



Il est important de comprendre la notion de services énergétiques et de faire la distinction avec les sources d'énergie. Du point de vue du consommateur dans un village, d'une PME ou d'une collectivité c'est la disponibilité et l'accessibilité de ce service qui sont importants, et non la source d'énergie en elle-même. Ce sont ces services qui sont susceptibles de contribuer à la lutte contre la pauvreté.

L'énergie productive : enjeux et impacts

Les besoins en énergie productive à l'échelle des communautés locales sont nombreux :
- L'accès à l'eau potable et pour les activités agricoles
- La transformation et la conservation des produits agricoles (cuisson, séchage, production de froid). Cela concerne aussi bien les agriculteurs individuellement, que des coopératives de transformation ou des PME agro-industrielles.
- La production de matériaux de construction comme la fabrication de briques, essentiel pour le développement des villes.
- La fourniture de services par une entreprise ou une collectivité. Il s'agit des cuisines de collectivité, des hammams, etc.
- La réalisation de petites opérations d'artisanat nécessite l'emploi de machines variées telles que des perceuses, des meuleuses, une machine à coudre, un poste à souder, etc.

Dans les zones les plus pauvres, l'énergie est encore essentiellement humaine, animale ou issue de la biomasse pour les besoins thermiques (bois, déchets agricoles etc.).
Le recours à la biomasse énergie induit une pression excessive sur l'environnement naturel lorsque la source (forêt, taillis, savane) n'est pas renouvelée. Lorsque la source d'énergie est fossile (gaz naturel, produits pétroliers), l'augmentation régulière de leur prix constitue un frein supplémentaire. De plus le recours à ces énergies n'apparait pas durable puisqu'elles seront disponibles en quantités limitées sur le moyen terme.
Enfin, l'énergie est globalement utilisée de façon peu efficace du fait d'équipements insuffisamment adaptés ou vétustes et du manque de moyens pour leur renouvellement. Le manque d'accès à des services énergétiques modernes, propre et à des équipements efficaces, constitue un handicap pour améliorer la productivité dans les pays en développement.

ENJEUX POUR LES ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT

Domaines d'intervention

Les objectifs sont multiples pour les acteurs du développement. Ils visent l'extension de l'offre en services énergétiques pour les populations et les petits artisans, notamment via l'accès à l'électricité. Ils recherchent la réduction de la facture énergétique des PME et des collectivités. Enfin, ils s'attachent à limiter l'impact environnemental de l'utilisation de la biomasse énergie.

Pour cela 2 axes d'actions majeurs apparaissent :

• Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'énergie :

Il s'agit pour les opérateurs de développement de proposer des équipements à la fois abordables, fiables et adaptés aux utilisations productives de l'énergie.

Fiche 3.4 Les besoins thermiques des PME et des collectivités,
Fiche 3.5 Les plates-formes multifonctionnelles.

• Varier l'offre en proposant des filières durables d'approvisionnement en énergie. Cela comprend un transfert de technologie et l'investissement dans de nouveaux dispositifs permettant :

- La mise en place de filières énergies renouvelables

Fiche 1.1 section Le renouvellement de la biomasse énergie,
Fiche 3.1 Les filières agrocarburants de proximité,
Fiche 3.2 Les micro et petites centrales hydrauliques,
Fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable

- Le recyclage des déchets ou des résidus

Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles.

SERVICES ÉNERGÉTIQUES ET LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Selon la source d'énergie qui alimente les services énergétiques et le niveau d'efficacité d'utilisation de l'énergie, les impacts climatiques diffèrent. A quantité d'énergie fournie identique, le charbon minier est plus émetteur de gaz à effet de serre, suivi des produits pétroliers, du gaz puis de la biomasse non renouvelable.

2 axes apparaissent donc intéressants dans la lutte contre le changement climatique et sont aujourd'hui éligibles au Mécanisme de Développement Propre (MDP):
• La réduction d'utilisation d'une source d'énergie fossile ou non renouvelable par l'introduction d'équipements énergétiques efficaces ;
• Le remplacement d'une source d'énergie fossile ou biomasse non renouvelable par une source renouvelable.

Cette éligibilité sera illustrée au travers des différentes fiches.

Les filières agrocarburant de proximité

> **Fiches connexes :** *Fiche 3.5 Les plates-formes multifonctionnelles, Fiche 5.3 Les plantations forestières*

Les agrocarburants font l'objet d'un engouement récent en raison de la hausse des prix du pétrole et parce qu'ils apparaissent comme une énergie alternative permettant de lutter contre le changement climatique. Leur développement à grande échelle sur un mode industriel soulève cependant une large controverse qui met en avant les impacts négatifs potentiels dans les pays du Sud. De plus, leur efficacité à lutter contre le changement climatique est souvent remise en cause.

Pourtant, dans le cadre de filières développées localement, là où l'accès à l'énergie est limité car la zone est trop enclavée ou le coût trop important, les agrocarburants présentent une opportunité pour la production d'électricité et la mise en place de services productifs (battage des céréales, pompage de l'eau). Ces services se révèlent cruciaux pour le développement des pays du Sud. Il s'agit donc pour les organisations de solidarité internationale de privilégier une approche de développement local reposant sur des filières courtes. Cette fiche se focalisera donc sur les filières de production et d'usage local d'huile végétale pure. L'objectif est d'offrir un meilleur accès à l'énergie aux populations rurales.

AGROCARBURANTS ET ACCÈS À L'ÉNERGIE DANS LES PAYS DU SUD

Qu'est qu'un agrocarburant ?

Un agrocarburant est un carburant produit à partir de matériaux organiques renouvelables et non-fossiles. Les agrocarburants dits de « première génération » se déclinent en :

- Huiles végétales pures (HVP) : produites à partir des graines ou de fruits de plantes à huile comme le colza, le palmier à huile, le soja, le jatropha curcas, etc., les HVP se substituent au gasoil à condition d'adapter le moteur concerné (stationnaire ou mobile).
- Biodiesel : obtenu à partir d'HVP ou d'huiles animales qui sont transformées par un procédé chimique appelé transestérification. Le biodiesel peut être utilisé sans modification préalable du moteur.
- Ethanol, issu de la fermentation de culture végétale telles que la canne à sucre, la betterave, le maïs, le manioc. L'éthanol s'utilise en mélange avec de l'essence.

Les agrocarburants dits de "seconde génération", c'est à dire technologiquement plus élaborés sont à l'étude. Ils se basent par exemple sur la décomposition de la cellulose sous contrôle enzymatique pour la production d'éthanol ou la production d'huile par des micro-algues pour la fabrication de biodiesel. Le développement de ces filières, à la date de publication de l'ouvrage, en est au stade de la recherche appliquée et non de la commercialisation.

Limite du développement de filières à grande échelle

Initialement promus comme source d'énergie renouvelable en remplacement des carburants fossiles, les agrocarburants évitent ainsi en théorie l'émission de *Gaz à Effet de Serre* (GES) et réduisent la dépendance énergétique. Ils font l'objet d'un engouement récent face à la hausse des prix du pétrole et à la recherche de diversification des sources d'énergie. De nombreux gouvernements se sont donnés des politiques ambitieuses de développement de ce secteur[1] ce qui implique généralement le développement de modes de production à échelle industrielle. Ces politiques sont aujourd'hui fortement décriées.
En effet, la question se pose de la pertinence de l'alternative agrocarburant sans objectif affirmé préalable de réduction des consommations (principalement dans les pays industrialisés).
D'autre part, le bilan énergétique de certaines filières montre que l'impact sur le changement climatique est faible car les émissions de GES liées à la production de l'agrocarburant (irrigation, intrants, transports, transformation, etc.) sont pratiquement aussi importantes que la réduction liée à la substitution d'un carburant fossile.

Enfin, sachant qu'une partie des surfaces agricoles disponibles pour la production de cultures énergétiques se trouve dans les Pays en Développement (PED), ceux-ci deviennent alors des lieux de production et d'importation potentiels pour les pays industrialisés. Or, une large controverse existe aujourd'hui sur les

1. Ainsi, l'Union Européenne s'est fixé un objectif de substitutions de 10 % d'ici 2020 dans le secteur des transports ; objectif qui est aujourd'hui fortement critiqué.

impacts négatifs potentiels de la mise en culture à très grande échelle de terres à des fins énergétiques. En plus de la compétition évidente avec la sécurité alimentaire, cela entraine des impacts environnementaux et des risques de conflits sur l'usage des terres déjà observés par le passé avec d'autres modèles agricoles intensifs.

Les modalités de productions et d'utilisation des agrocarburants sont donc à considérer avec énormément de précautions.

Intérêts des filières de proximité

Les agrocarburants, développés sous la forme de filières de proximité, peuvent à l'inverse présenter une opportunité de faciliter l'accès à l'énergie et de réduire la précarité énergétique des populations des pays en développement.

En effet, les activités productrices et économiques en milieu rural souffrent d'un accès limité à l'énergie. En raison du faible taux d'électrification et de l'absence d'équipements énergétiques performants, le battage, le décorticage ou le broyage des céréales, le pompage de l'eau sont opérés manuellement. Parfois, lorsque l'investissement est possible, des moteurs diesels stationnaires sont utilisés. De même la production d'électricité dans les zones reculées passe par des groupes électrogènes. Le prix final de vente du kWh est souvent exorbitant. L'augmentation du coût des carburants fossiles se révèle donc être un frein supplémentaire à la pérennité et la diffusion de ces services énergétiques.

La production et l'utilisation d'agrocarburants au niveau local présentent ainsi une opportunité de développer les services énergétiques, là où ils ont disparu ou là ils n'ont jamais été déployés, du fait de coûts de carburants trop élevés.

On entend par filière de proximité une production d'agrocarburant local à usage local et dont les bénéfices reviennent aux populations rurales. L'huile végétale apparaît souvent comme emblématique de ces filières, puisque qu'elle s'obtient par un processus mécanique d'extraction à partir de graines puis de décantage/filtrage relativement simple. L'approche en « circuit court » vise l'optimisation des coûts de production et place les petits producteurs au cœur des filières.
Les modèles de production qui seront décrits ci-après s'inscrivent dans une démarche durable et tiennent compte des impacts négatifs cités précédemment. Cette fiche se focalisera sur la production et l'utilisation d'huile végétale pure à partir de graines de jatropha curcas.

Principes généraux de ces filières (ex. du jatropha curcas)

La plante à huile jatropha curcas

Le *jatropha curcas*, ou pourghère dans les pays francophones, suscite l'intérêt de nombreuses organisations de développement, notamment pour la production d'huile végétale pure. Le jatropha est un arbuste de la famille des euphorbiacées. Peu exigeant, il peut pousser sur des sols sableux, secs ou dégradés ; contextes dans lesquels la production de graines continue, même si les rendements en sont affectés.

En plantation, la production de graines débute à 18 mois et le rendement optimal est atteint après 6 ans, avec deux récoltes de graines par an. Ces graines contiennent en moyenne 30 à 35 % d'une huile non comestible avec un contenu calorifique de 40 MJ/kg (contre environ 44 MJ/kg pour le gasoil). La viscosité est plus importante que celle du gasoil, c'est une des raisons pour lesquelles il est nécessaire de modifier les moteurs pour qu'ils puissent fonctionner à l'huile de jatropha pure sans être endommagés.

Les références bibliographiques sur les rendements révèlent encore une grande méconnaissance de la culture, les chiffres allant de 1 à 7 tonnes de graines par hectare sans spécification des conditions de culture. Planté en haies, le rendement serait de l'ordre de 0,8 à 1 kg / mètre linéaire. De nombreux paramètres restent encore méconnus sur les véritables performances des plantations de jatropha curcas notamment en lien avec le type de variétés plantées, les itinéraires techniques, l'apport ou non d'une irrigation.



Plantations villageoises de jatropha curcas, Cambodge





Graines et huile de jatropha curcas

Production et utilisation d'huile végétale à l'échelle villageoise

La production d'huile est un procédé mécanique relativement simple. Il requiert une unité de transformation équipée d'une presse à huile et d'un système de décantation-filtrage. Le pressage des graines de jatropha permet l'obtention de deux produits : huile brute et tourteau. L'huile est laissée en décantation puis filtrée (filtrage de 5 à 10 microns) pour l'obtention d'une huile pure. Le tourteau, coproduit riche en azote, peut être utilisé comme fertilisant (en mélange avec de la terre ou des cendres).



Presse à huile motorisée, Cambodge

Comme indiqué précédemment, l'utilisation d'huile végétale dans un moteur diesel nécessite une conversion préalable. Celle-ci consiste à inclure sur le moteur initial un système de préchauffage de l'huile qui diminue sa viscosité. Un système de filtrage supplémentaire est ajouté au niveau de l'entrée de l'HVP dans le moteur. Une solution alternative au préchauffage consiste en un dispositif de double alimentation en carburant qui permet de démarrer le moteur au gasoil puis de basculer sur une alimentation HVP. La bascule a lieu dès lors que la chambre de combustion a atteint une température suffisante.
De nombreux constructeurs et organismes de recherche proposent des kits de conversion standard pour tout type de moteur diesel (stationnaire, mobile, mono ou pluri cylindré, groupe électrogène). Ces kits permettent d'utiliser l'HVP aussi bien que le gasoil. Ils sont conçus pour être peu coûteux et suffisamment simples d'utilisation pour être mis en œuvre par les mécaniciens locaux.

Implication des acteurs de développement

Les ONG spécialisées dans le plaidoyer ont la responsabilité d'exercer une influence sur les politiques publiques, pour une meilleure prise en compte des risques liés au développement des agrocarburants.
Les ONG de terrain, les agences de coopération techniques, etc. ont pour responsabilité de mettre en place des filières expérimentales en partenariat avec les communautés locales. Ces processus de recherche-action permettent de mettre à disposition des informations techniques et socio économiques pour une évaluation de la viabilité de la mise en place de filières agrocarburant dans les pays du Sud.

Les pouvoirs publics ont pour mission d'établir un cadre politique national pour la production et l'utilisation des agrocarburants. Ce cadre envisage, par exemple, les domaines de substitution possibles (transport si cela est pertinent, électrification, activités mécaniques locales, développement de nouveaux services énergétiques). Il peut aussi prévoir d'éventuelles incitations à l'usage d'agrocarburants (défiscalisation, etc.).
Les pouvoirs publics doivent aussi être les garants d'un développement raisonné du secteur et prévoir à cet effet les mesures nécessaires (planification de l'usage des sols entre alimentation et énergie, taxe à l'export pour commercialisation des agrocarburants en priorité sur le marché domestique, etc.). Enfin, ils doivent appuyer la recherche sur les agrocarburants, par exemple sur les performances techniques des plantes agrocarburant, les modalités de conversion des moteurs etc.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

L'étude de faisabilité d'une filière de proximité est primordiale pour assurer la pérennité de la filière. Cette étude se focalisera sur les éléments suivants :

Etude de marché et du potentiel de production

L'étude prend en compte la consommation de gasoil à l'échelle du territoire, principalement au niveau des moteurs stationnaires (car plus aisément convertibles) comme les groupes électrogènes, les plates-formes multifonctionnelles, les batteuses de céréales, les décortiqueuses, les outils de menuiserie ou de ferronnerie, les lampes à huile et éventuellement les motoculteurs.

L'objectif consiste ensuite à identifier les exploitations agricoles pouvant intégrer une culture agrocarburant puis de procéder à l'évaluation des terres disponibles. Il est nécessaire d'opérer un calcul du revenu à l'hectare apporté par la culture de jatropha en fonction des coûts d'intrants, de main-d'œuvre ou de temps de travail familial. Une comparaison pourra ensuite être faite avec d'autres types de cultures de rente pour en évaluer l'intérêt.

Dimensionnement de l'unité de transformation HVP

Selon les objectifs de volume de production d'HVP, il s'agit de proposer un modèle de presse à huile et un système de filtrage – décantation adapté. On procède ensuite à une simulation économique figurant les coûts d'investissement, coûts de fonctionnement, amortissement, revenu mensuel, coût de revient de l'huile, etc. afin d'évaluer la rentabilité financière d'une telle unité.

Scénario d'organisation de la filière (« business model »)

Selon le contexte social, il s'agit de s'interroger sur des modèles d'organisations possibles de la filière. Ceux-ci doivent permettre de maximiser la valeur ajoutée de la filière et garantir la répartition équitable des revenus entre les acteurs (agriculteurs, unités de production d'HVP et consommateurs finaux d'HVP). Ils doivent s'insérer au mieux dans les modèles sociaux existants. Ainsi, on explorera les modalités de fonctionnement de l'unité d'extraction d'huile (coopérative ou initiative privée) ou l'accès éventuel à des systèmes de micro crédit.

Enfin, ces modèles de filières devront anticiper les interactions économiques possibles avec des filières industrielles. En effet, il existe un risque de compétition pour l'approvisionnement en matière première des unités de production d'agrocarburant communautaires et industrielles.

Etude d'impact

Cette étude des impacts socio-économiques et environnementaux est obligatoire au regard des nombreux risques énoncés précédemment. Elle devra amener des recommandations pour la mise en œuvre des projets et peut conduire à leur abandon.

Appuyer le développement de filières agrocarburant de proximité (jatropha curcas)

Cibles :

Collectivités, artisans, agriculteurs

Données techniques :

Pouvoir calorifique HVP jatropha : Environ 40 MJ/kg d'huile, c'est-à-dire un pouvoir calorifique légèrement inférieur à celui du gasoil (10 à 15 %).
Maturité des plantations de jatropha : 5 à 6 ans
Rendements des plantations : de 1 à 7 tonnes à l'hectare, variabilité qui montre la grande incertitude qui pèse sur les agriculteurs
Ratio d'extraction d'huile : 20 %, il faut en moyenne 4 à 5 kg de graines pour produire 1 litre d'huile.

Maturité technologique :

Les agrocarburants en sont aujourd'hui au stade de la recherche et du développement aussi bien au niveau technique, que dans la mise au point de modèles de filières viables d'un point de vue socio-économique et environnemental.

Les principaux volets d'un projet d'appui à la filière :

- Volet de recherche agronomique
Il s'agit de définir des protocoles de recherche pour chercher à améliorer les itinéraires de culture de la plante agrocarburant, explorer des associations culturales avec des cultures vivrières ou des systèmes agro-forestiers. La mise en œuvre de parcelles test permet de déterminer les niveaux d'irrigation et de fertilisation adéquats, des techniques de tailles. On peut également tester la possibilité d'une petite mécanisation de la récolte.

- Volet de transfert de technologie
Ce transfert permet la mise en place d'unité de production d'HVP par la construction, la modification des moteurs (élaboration de kits de conversion par exemple)

- Volet de commercialisation
Ce volet consiste en la promotion de l'HVP auprès des utilisateurs potentiels (familles, artisans, sociétés de services décentralisés d'électrification rurale). Il peut s'appuyer sur l'organisation de démonstration, sur des réunions collectives d'information, etc. Cette commercialisation doit être associée à la diffusion de kit de conversion des moteurs.

- Volet de structuration des acteurs de la filière
Les actions d'accompagnement des acteurs vont dépendre du modèle organisationnel choisi pour la filière. Cela peut consister par exemple à appuyer la mise en place d'un système de contractualisation entre l'agriculteur et l'unité de production pour la livraison de graines, ou en l'établissement d'un prix de vente garanti de l'HVP (inférieur à celui du gasoil) en concertation avec l'ensemble des acteurs.

- Volet de suivi technique
Ce volet s'attache à mettre en place un suivi qualité de l'HVP. Cette qualité tient principalement au taux de particules de l'huile. En effet, lors de la combustion de l'HVP dans le moteur, il est fréquent que les particules ne soient pas entièrement brulées. Les résidus encrassent principalement la pompe à injection et provoquent la casse du moteur sur le long terme. La maîtrise de la qualité est donc primordiale pour garantir un usage durable de l'HVP dans les moteurs diesels. Ce suivi vise également l'amélioration des rendements de l'extraction, le traitement du coproduit, le traitement des déchets issus de l'extraction, etc.

Durée du projet :

La durée minimum de projet est de 5 ans, correspondant à l'entrée en pleine production des plantations de jatropha.

Compétences requises :

Développement rural, agronomie, procédé de transformation, mécanique, ingénierie sociale, commercialisation.

Pérennisation :

Le développement des filières agrocarburant de proximité en est aujourd'hui au stade expérimental, il est encore trop tôt pour évoquer une pérennisation. Le processus de recherche mené par différentes ONG dans les pays du Sud est en cours. L'évaluation et le bilan des premières expériences sont primordiaux

pour la mise à disposition d'informations fiables qui font aujourd'hui cruellement défaut. La pérennisation des filières s'accompagne donc d'un dispositif de suivi et d'évaluation intégrant des critères techniques, environnementaux et socio-économiques.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Création de revenus supplémentaires pour les agriculteurs producteurs de graine ;
- ⬆ Création d'une entreprise de production d'huile ;
- ⬆ Economie des surcoûts énergie pour les utilisateurs finaux (artisans, agriculteurs, usagers d'électricité) ;
- ⬇ Risque de mésentente ou non transparence entre les acteurs de la filière : agriculteur - transformateur HVP -consommateur HVP, qui menace la pérennisation de la filière.

Sociaux et sanitaires

- ⬆ Création d'emplois, pérennisation d'une activité agricole ;
- ⬆ Revenus ciblés pour les femmes par la collecte des graines ;
- ⬆ Combustion moins polluante et toxique que celle des carburants d'origine fossile car elle produit essentiellement de la vapeur d'eau et du CO_2 et pas ou peu d'oxydes azotés et soufrés ;
- ⬇ Risques de pression sur l'usage des terres : compétition avec la sécurité alimentaire et conflits fonciers.

Environnementaux

- ⬆ Lutte contre le changement climatique : 1) par la substitution d'une énergie renouvelable à une énergie fossile ; 2) par le stockage de carbone dans les plantations (voir ci-après) ;
- ⬇ Risque de pression sur l'usage des terres impliquant un phénomène de déforestation et une perte de biodiversité[2] ;
- ⬇ Risque d'impacts négatifs des cultures intensives sur les sols, les écosystèmes[2].

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

Substitution d'un carburant fossile par un carburant renouvelable

La combustion des agrocarburants produit essentiellement de la vapeur d'eau et du CO_2. Ce dernier ayant été stocké par la plante lors de sa croissance, il n'augmente pas la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et est donc neutre du point de vue du changement climatique. Cependant, il faut aussi considérer les émissions de GES réalisées lors de la production et du transport de ces agrocarburants qui peuvent parfois être très importantes.

C'est l'analyse du cycle de vie de l'agrocarburant, c'est-à-dire de sa production à sa consommation, qui donnera le bilan énergétique et donc l'impact en termes de changement climatique. Le nombre de paramètres à prendre en compte sur la totalité du cycle de vie du produit est complexe : type de culture, lieu de production, usage plus ou moins intensif d'intrants, mécanisation, transport, processus de transformation (trituration, transestérification). Certaines filières présentent un bilan climat très peu intéressant comme, par exemple, le cas d'une filière éthanol grande échelle s'appuyant sur une culture de maïs intensive hautement consommatrice d'intrants et nécessitant une irrigation importante.

En revanche, le cas des filières de proximité pour la production d'huile végétales pures dans les pays du Sud, tel qu'il est présenté dans cette fiche, offrirait a priori un bilan carbone positif. Il repose sur une agriculture de type familial avec des pratiques agricoles peu émettrices. De plus, le processus de fabrication de l'huile est moins émetteur de GES que la transestérification par exemple.

Séquestration de carbone dans les plantations

Dans le cas de cultures pérennes, c'est-à-dire non renouvelées tous les ans, les plantations sont assimilées à un système forestier et jouent un rôle d'atténuation supplémentaire par le stockage de carbone (partie végétative). Les espèces comme le jatropha curcas, pongamia pinnata constituent un "puits" de carbone tout au long de leur durée de vie (30 ans de plantations par exemple). Cet aspect sera traité de manière plus générale dans la fiche 5.3 Le boisement et le reboisement.

Valorisation de réductions d'émissions

Contrairement à d'autres filières énergie renouvelable (hydro, éolien, solaire), il existe très peu de projets de production ou d'utilisation d'agrocarburant éligibles à un *Mécanisme de Développement Propre* (MDP). En effet, deux raisons invitent aujourd'hui les instances de décision du MDP à une certaine prudence :

- Il existe un risque de voir comptabilisée deux fois la réduction des émissions : une première fois chez le producteur de l'agrocarburant et une seconde fois chez l'utilisateur. Le *Conseil Exécutif* s'est prononcé en faveur d'une comptabilisation du point de vue du producteur plutôt que du consommateur car le suivi semble être plus simple.
- L'introduction de cultures énergie pose le problème du changement d'utilisation des sols ("land use shift"). Ainsi, lorsqu'une culture de canne à sucre est mise en place sur une parcelle qui était auparavant boisée, cela revient à un acte de déforestation. Le changement d'usage de cette parcelle qui, du statut de forêt, est passée au statut de terre agricole, s'accompagne d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2) et a donc un effet négatif dans la lutte contre le changement climatique.

2. Principalement dans le cas de modèles de production industriels

L'impact de la mise en place des cultures agrocarburants semble donc difficilement mesurable et parfois très peu contrôlable. Le MDP ne doit pas constituer un outil financier qui encourage un changement d'utilisation des terres allant dans le sens de la déforestation.

Même si les filières de proximité décrites dans cette fiche se révélaient éligibles à un MDP, elles représenteraient des volumes de réduction d'émissions très faibles. Pour les projets de petite échelle, le *marché d'échange volontaire* représente une voie plus simple pour valoriser individuellement les réductions d'émission.

Illustration: "Jatropha biodiesel from degraded land in Madagascar"

Statut projet : MDP
Opérateur : JatroSolution GmbH[3]
Crédit carbone : *URCE*
Source d'information : www.unfccc.org
Méthodologie : I. F. « Substitution of fossil fuel in combustion engines through biofuel from degraded land »[4]
Comptabilisation des crédits : 2010-2017

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Ce projet n'a pas encore été validé comme projet MDP, la procédure est en cours. Il débutera en 2010. Il vise la production de biodiesel à partir de plantations de jatropha (3 000 ha) pour faire fonctionner un groupe électrogène de la province de Fianarantsoa. Le projet consiste à remplacer l'intégralité du carburant fossile par du biodiesel, énergie renouvelable. La spécificité de ce projet et de la méthode sur laquelle il s'appuie, est que les cultures de jatropha sont mises en œuvre sur des sols historiquement dégradés. Elle lève ainsi le problème évoqué précédemment en assurant que le changement d'utilisation des sols n'est pas à l'origine d'émission de GES puisque l'on passe d'un statut de terres non boisées (dégradées) à un statut de plantations de cultures pérennes.

Ordre de grandeur

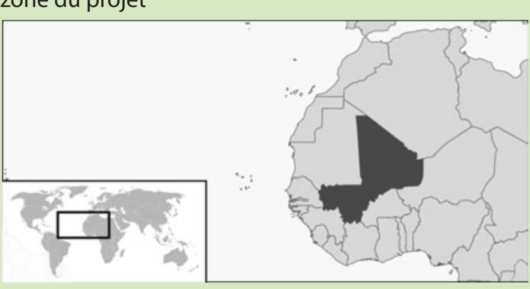
La plantation est de 3000 ha et fournira (en pleine productivité) 3 240 tonnes de biodiesel par an. A partir de son démarrage en 2010, le projet permettra une réduction annuelle moyenne de 3800 t CO_2 équivalent par an, c'est-à-dire une réduction d'émission de 1,3 t CO_2 équivalent par an et par hectare de plantation de jatropha.

3. Entreprise privée allemande
4. Méthodologie en cours de soumission au Conseil exécutif à date de publication de l'ouvrage.

ÉTUDE DE CAS

PRODUCTION D'AGROCARBURANT EN FILIÈRE LOCALE AU MALI

Date réalisation : Avril 2008- Avril 2011
Projet financé par : *ADEME*, Fondation Albert II, Fondation Nicolas Hulot,
Ampleur : Projet de moyenne ampleur (budget de 50 000 à 200 000 euros par an)
Opérateur : *GERES*
Partenariat principal : *AMEDD*, ONG malienne spécialisée en développement rural
Bénéficiaires potentiels : Les 80 000 habitants de la zone du projet



Contexte

La société Yéelen Kura électrifie par groupe électrogène 6 localités de la zone de Koutiala. Tant Yéelen Kura que les opérateurs de services énergétiques existants (moulins à céréales etc.) sont tributaires de la hausse du prix des hydrocarbures. Parallèlement, les bénéficiaires de ces services connaissent des difficultés économiques dues à la crise cotonnière actuelle, ce qui contribue à précariser l'équilibre économique des opérateurs.

En raison de la crise cotonnière, les agriculteurs se trouvent avec des terres disponibles, en recherche d'une alternative de rente. En outre, leurs sols s'appauvrissent : le défrichage et la coupe du bois ont accéléré les phénomènes d'érosion hydrique des sols et, bien souvent, les exigences du cotonnier n'ont pas été compensées par une gestion adaptée de la fertilité des sols. L'intérêt pour les agrocarburants gagne donc les producteurs, qui y voient une alternative de rente. Cependant, le manque d'accompagnement les rend dépendants des acteurs de transformation et risque d'engendrer des déceptions quant aux impacts attendus.

Activités prévues par le projet

Ces activités s'organisent selon 4 axes :

- La production locale de graines de jatropha et une offre en huile végétale pure qui satisfait en priorité les besoins locaux : 800 ha plantés, 2000 t / an de graines, 400 000 litres d'huile végétale pure ;
- La consolidation des services énergétiques existants et l'accès à de nouveaux services dans les zones productrices d'huile de jatropha par l'installation de plusieurs plates-formes multifonctionnelles ;
- La structuration des filières jatropha : les relations amont-aval des filières organisées à l'échelle locale selon une logique d'acteurs, pour garantir leur pérennité (contrat moyen terme, modalités de paiement) ;
- La validation d'une opération exemplaire pour établir un modèle durable de « filière agrocarburant de proximité » : conception et mise en œuvre d'un dispositif continu d'évaluation et de suivi pour l'analyse des impacts socio-économiques et environnementaux.



Pépinière collective réalisée à Nèrèsso



Réunion participative avec les agriculteurs

A suivre…

Le projet est en cours de réalisation. A la date de réalisation de l'ouvrage, deux communes ont été ciblées pour la mise en place de filières de proximité, les communes de Yorosso et de Koury. 700 agriculteurs ont réalisé des pépinières correspondant à environ 420 ha de cultures. Les transplantations sont en cours. Les résultats de tests de fonctionnement d'un moteur Yéelen Kura adapté par un kit de bicarburation sont encourageants.

En savoir plus

Bibliographie :

"Assesment of the potential of Jatropha Curcas for energy production and other uses in developping countries" - M. Benge. 2006. *USAid.*
"Identification, selection and multiplication of high yielding Jatropha curcas L. plants and economic key points for viable Jatropha oil production costs" - R. Henning.2007. *GTZ.*
« Jatropha à Madagascar, rapport sur l'état actuel du secteur. » A. Üllenberg. 2007. GTZ.
"Position Paper on Jatropha curcas State of the Art, Small and Large Scale Project Development, 2007". *FACT.*
« Les contraintes techniques d'utilisation des HVP comme biocarburant »- G Vaitilingom, [en ligne]. 2006. *CIRAD.* disponible sur Internet : *www.pgies.net*

Internet :

Site the jatropha website : www.jatropha.de
Site de FACT-Fuel for Agriculture in Communal Technology : *www.fact-fuels.org*
Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net

Les micro et petites centrales hydrauliques

> **Fiches connexes :** *Fiche 3.5 Les plates-formes Multifonctionnelles, Fiche 3.3 Les petites centrales solaires et éoliennes*

L'énergie hydraulique est utilisée depuis plusieurs siècles par l'homme, des moulins à eau jusqu'aux centrales électriques à partir du XIXème siècle. Domestiquée, elle a participé à l'essor industriel de nombreuses zones géographiques à travers tous les continents. A l'heure de la lutte contre les émissions des gaz à effet de serre, elle représente une énergie parfaitement propre. Contrairement aux grandes centrales hydrauliques qui induisent des changements profonds des écosystèmes et peuvent être à l'origine de déplacements de populations, les micro et petites centrales ont des impacts réduits. Pourtant, les « gisements » hydrauliques que constituent les rivières et les petits cours d'eau sont loin d'être tous exploités, même dans certains pays qui connaissent un déficit d'électricité dans les zones isolées et qui dépendent fortement du pétrole ou du charbon.

Bien que très bon marché sur le long terme, l'hydroélectricité nécessite des investissements importants et des personnes aux savoir-faire reconnus. Ces deux points sont les principaux freins au développement de nouveaux projets et constituent la priorité des projets d'intervention.

L'HYDRO-ÉLECTRICITÉ DANS LES PAYS DU SUD

Alimentation et distribution électrique

L'alimentation et la distribution électrique d'un pays utilisent schématiquement 3 grands types de moyens :

Le réseau électrique interconnecté

Développé au niveau national/international, et alimenté par toutes sortes d'énergies fossiles ou renouvelables, ce réseau, dont le déploiement est très onéreux, est adapté à l'alimentation des zones les plus denses en population et industries : villes, grandes zones d'activités ou industries. Son extension en zone rurale ne peut se faire qu'avec une très forte mobilisation financière (cas de l'Europe après la seconde guerre mondiale), et il ne touche en général pas l'habitat isolé.

Le réseau en îlots ou réseau « villageois »

Développé à l'échelle d'une collectivité, ce réseau autonome est alimenté par de petites ou moyennes installations électriques, le plus souvent des groupes électrogènes diesel, mais également par des centrales hydrauliques, solaires, éoliennes, biogaz, etc. Il peut alimenter le secteur domestique et le secteur artisanal, voire de petites industries. Le niveau de puissance installée est typiquement de 10 kW à 1000 kW.

Les installations individuelles

Alimentées par batteries rechargées sur le réseau, par groupes électrogènes, ou encore par kits photovoltaïques, etc. ces installations répondent uniquement à des besoins domestiques ou à des activités individuelles (petit commerce ou artisanat peu consommateur d'énergie). Le niveau de puissance installée est typiquement de 50 W à 500 W.

Nous traiterons dans cette fiche des installations hydro-électriques adaptées à l'alimentation des réseaux villageois.

Intérêts et précautions d'utilisation de l'énergie hydraulique

Les zones montagneuses ou vallonnées se trouvent être, lorsque la pluviométrie est suffisante, de véritables sites stratégiques pour la construction de petites ou micro centrales électriques. Que ce soit à travers la production d'électricité ou bien par l'utilisation de la force motrice pour des machines, des services énergétiques variés peuvent se développer apportant ainsi plus de confort : éclairage, unités de transformation alimentaire, voire même petite production industrielle comme le tissage par exemple. Dans des zones où l'agriculture est souvent plus difficile, apporter une transformation supplémentaire, et donc une plus-value, est bienvenu. La centrale peut venir en remplacement d'un système existant type groupe électrogène, ou apporter de nouveaux services énergétiques dans des zones enclavées.

Dans un projet de centrale hydraulique, même de dimension réduite, plusieurs points demandent une gestion attentive. D'abord, les centrales hydrauliques modifient les eaux de surfaces. Or celles-ci peuvent être utilisées par les communautés locales pour leur alimentation ou pour l'irrigation des cultures par exemple, elles sont aussi un espace de vie pour la faune et la flore. Il convient donc de prendre en compte les différents usages des « gisements hydrauliques » lors de la phase de dimensionnement. Ensuite, une centrale représente un investissement important, c'est un équipement très peu modifiable en cas d'évolution des besoins. Il ne faut donc pas gaspiller cette ressource et s'attacher à dimensionner une installation correctement en fonction des besoins identifiés.

Principe de la micro et petite hydraulique

Bien que la terminologie ne soit pas établie de manière stricte, on parlera de micro hydro pour des puissances inférieures à 150 kW, et de petite hydro pour des puissances allant jusqu'à 10 MW. Les différences se traduisent dans le niveau de complexité de configuration des installations.

Une centrale hydraulique, qu'il s'agisse d'une micro ou d'une petite centrale, est constituée de plusieurs éléments :

- Les ouvrages de prise d'eau dont le rôle est de prélever une partie du débit d'un cours d'eau. Il est impératif de laisser au cours d'eau le débit minimum requis par la faune, la flore et les diverses activités humaines.
- Les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, chambre de mise en charge, conduite forcée). La conduite forcée est une canalisation fermée qui va permettre à la turbine d'exploiter le dénivelé. L'eau arrivant dans la canalisation doit être peu chargée en particule (rôle du canal d'amenée).
- Les équipements de production qui sont la ou les turbine(s), un générateur, un transformateur, un système de régulation. Ces éléments permettent de transformer un débit et une énergie potentielle du dénivelé en énergie mécanique ou électrique.
- Les ouvrages de restitution généralement appelés "canal de fuite".

Schéma d'une installation au fil de l'eau (©ADEME)





Le canal d'amenée



La conduite forcée



Équipements de production



Poste de commande

Le dimensionnement de l'installation hydraulique est un point crucial.

D'abord parce que les installations hydrauliques sont peu flexibles. Ainsi, en cas d'erreur, l'apport de modifications sur les ouvrages de prise d'eau et d'amenée nécessitera de gros travaux.

Ensuite, parce qu'une centrale n'est pas en mesure de fournir une énergie régulière tout au long de l'année, du fait de la variation du débit des cours d'eau. Il faudra choisir d'optimiser l'installation soit pour garantir une production minimale toute l'année (en réduisant la taille de l'installation), soit au contraire en cherchant à profiter au mieux des pics de débit.

Chaque élément est conçu et dimensionné suivant les critères ou contraintes suivants :

- Techniques : fonction du site et répondant aux besoins (demande en énergie journalière ou saisonnière, prévision d'un accès au site pour l'entretien et la maintenance de l'installation, choix entre régulation manuelle ou automatique).
- Financiers : le projet doit être viable économiquement ou correspondant au budget alloué.
- Environnementaux : le respect du milieu naturel est indispensable.

La centrale peut alimenter un petit réseau de distribution d'électricité. L'arbre de la turbine peut également être couplé directement à une charge mécanique comme un moulin à grains ou un extracteur d'huile. Il est aussi possible de prévoir une solution mixte, avec un micro réseau pour éclairer en soirée et un couplage mécanique pour la transformation de produits agricoles pendant la journée.

L'investissement initial pour l'installation d'une centrale hydraulique ainsi que les coûts de maintenance sont importants. Par exemple, pour une microcentrale d'une capacité de 8kW installée au Ladakh en 2008, le cout d'installation/maintenance est estimé d'environ 1500 € par kW. Le budget total d'installation et de maintenance d'une micro centrale de ce type est d'environ 12 000 €. Ce facteur financier implique la mise en place de modes de gestion et d'exploitation de la centrale appropriés.

La réalisation de projets hydrauliques est ainsi très encadrée. Les sources d'eau étant un bien public, partagées par de nombreux acteurs, leurs utilisations sont soumises à différentes autorisations. Le système le plus courant est celui de la concession, qui est une délégation de service public. Elle se caractérise par la prise en charge par le concessionnaire (souvent une société privée) non seulement des frais d'exploitation et d'entretien courant, mais également des investissements qui restent importants. Le concessionnaire se rémunère directement auprès de l'usager par une redevance fixée dans le contrat de concession, révisable selon une formule de variation proposée dans le contrat. Au terme du contrat, qui dure souvent entre 15 et 20 ans, la collectivité devient propriétaire des installations.

Enjeux pour les acteurs du développement

Les acteurs de développement (ONG, Agence de coopération technique, etc.) peuvent accompagner la mise en place d'une centrale de différentes manières :
- Appui à la structure qui porte le projet pour le dimensionnement de l'installation ;
- Formation des opérateurs de la centrale pour son fonctionnement et sa maintenance ;
- Mise en place de filières de construction locale de certaines parties de la centrale (atelier pour la fabrication de turbines par exemple). L'objectif est de développer les compétences des artisans locaux, notamment en vue de l'entretien de l'installation, et de contribuer à faire baisser les coûts de renouvellement du matériel.

Le rôle joué par le pouvoir législatif et les agences d'électrification rurale est crucial pour le développement rapide de projets hydrauliques. On peut noter en particulier :
- La mise en place d'une législation apportant un cadre propice aux investissements comme par exemple la mise en place de système de concessions;
- Le choix de procédures transparentes et rapides pour l'attribution des sites et la délivrance de l'ensemble des autorisations d'exploitation ;
- L'aide au financement de micro projets.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Diagnostic initial

Avant toute chose, il importe d'étudier la législation encadrant les projets de micro ou petites hydrauliques. Ceci est d'autant plus important que, bien souvent, les structures d'état en charge de ces questions disposent de ressources statistiques utiles. Le diagnostic doit permettre l'identification des besoins. Cela est à prévoir sur le long terme car la centrale a une durée de vie d'une vingtaine d'année.

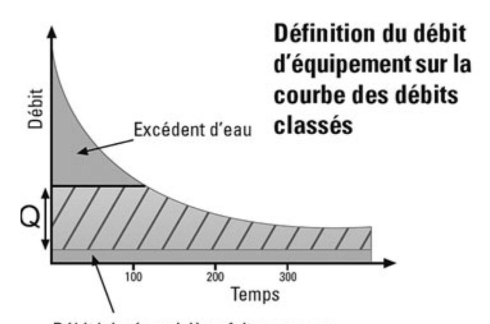
Le diagnostic doit également évaluer le potentiel du site. Celui-ci est déterminé par 3 facteurs principaux :
- Le débit de la source d'eau, en particulier son débit minimum ; cela s'appuie par exemple sur un relevé annuel et le calcul a lieu à partir des bassins versants.
- La hauteur de chute exploitable : il s'agit d'un lieu à forte pente, qui peut être distant du lieu de prélèvement.
- L'éloignement de la centrale du lieu de consommation.

Dimensionnement de l'installation

Le diagnostic initial, s'il est concluant, doit laisser place à une analyse précise, permettant de dimensionner les différents éléments de la centrale.

- Prise d'eau, conduite d'amenée et conduite forcée :

Le dimensionnement de la prise d'eau doit permettre de laisser un débit minimal, appelé débit réservé, et d'éviter une trop grande charge en cas de crue. La conduite d'amenée va permettre à la fois de conduire l'eau vers un lieu à fort gradient de pente, et de s'assurer de la filtration ou du dépôt des particules qu'elle contient.



Débit d'équipement (©ADEME)

- La turbine :

La centrale est construite autour de la turbine qu'il convient de choisir avec précision. Il existe plusieurs types de turbines hydrauliques, qui opèrent dans des situations différentes. Leur rôle est à chaque fois identique, transformer l'énergie de la chute en une énergie mécanique exploitable par une génératrice ou des machines.

- La génératrice et les systèmes de régulations :

La génératrice transforme l'énergie mécanique de la turbine en une énergie électrique répondant à des spécificités précises, en particulier en fréquence et en tension. Son dimensionnement découle du choix de la turbine, afin d'obtenir un rendement adéquat.

Choix organisationnel et financier

Le coût du kW installé est un indicateur intéressant pour étudier la rentabilité de l'installation et comparer différents dimensionnements. Il est calculé en fonction de quatre postes : les ouvrages d'art (prise d'eau et conduites d'amenée), la turbine, les installations électriques (génératrice, régulateur) et le réseau de distribution. Suivant le site, le coût du kW variera en fonction de :
- la taille de la centrale (à qualité identique, une micro turbine coûte proportionnellement plus cher) ;
- les travaux d'aménagement de la source ;
- la distance entre la centrale et le réseau de distribution.

Le second facteur est le prix de revient du kWh. Il dépendra du taux d'utilisation de la centrale.
Plusieurs schémas financiers sont possibles. Suivant ses capacités financières, le porteur du projet aura recours à un emprunt ou à une demande de subvention à l'investissement. En fonction de la rentabilité du projet on déterminera si d'autres aides sont nécessaires et si le projet doit exploiter différemment le lieu, la durée de la concession.

Le choix du propriétaire et du gestionnaire de la centrale dépendra en grande partie du statut retenu, structure

publique, privée ou associative.

Appuyer l'installation d'une centrale hydroélectrique

Cibles :

Collectivités, entreprises

Fonctionnalité, performances :

Durée de vie d'une installation : 20 ans

Exemples de puissances :

- Hauteur = 30 m, débit minimum = 0,5 m^3/s, turbine cross-flow, puissance = 111 kW
- Hauteur = 50 m, débit minimum = 0,2 m^3/s, turbine Pelton, puissance = 74 kW

Maturité technologique :

La technologie hydraulique est ancienne. Toutefois, cela ne signifie pas qu'elle soit accessible. Les génératrices restent des composants complexes. Quant à la turbine, elle doit résister à des pressions élevées. Il convient de disposer de plans, mais surtout du savoir-faire requis pour leur application. Du point de vue de l'entretien, ce sont les ouvrages extérieurs qui nécessitent le plus d'attention.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de la conception hydraulique et de l'étude d'impact environnemental ;
- Volet de construction de l'ouvrage ;
- Volet de transfert technologie pour la fabrication des turbines ;
- Volet de développement de nouveaux services énergétiques en aval de l'installation hydraulique ;
- Volet de structuration des acteurs pour une bonne gestion des sites.

Durée de projet :

L'accompagnement à la mise en place de micro et petites centrales hydrauliques centrales a lieu sur le moyen terme (3 ans). Le suivi et l'accompagnement d'un comité de gestion (cas d'une organisation en coopérative des usagers) a lieu sur le plus long terme (5 ans).
Compétences requises : hydraulique rurale, travaux publics (petits ouvrages d'art), connaissance de la législation sur la gestion d'une concession

Pérennisation :

La réalisation d'une filière hydraulique pérenne suppose que les projets suivent un modèle de gestion viable à long terme. C'est-à-dire un suivi régulier, une capitalisation des bonnes pratiques adaptées au contexte local et, si nécessaire, une réorientation.
La pérennisation demande aussi la création d'une filière de production ou d'importation des équipements. Ce second point passe par un transfert technologique, ou par l'ouverture de filières d'importation. Il s'agit surtout de mettre à disposition un matériel varié, qui a plus de chance d'être adapté aux différents cas.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Création de revenus supplémentaires du fait de la construction des infrastructures ;
- ⬆ Création d'une entreprise de production d'électricité ;
- ⬆ Création d'emplois (artisans, techniciens, gestionnaires) à travers un contexte favorable aux opérateurs de services énergétiques (électricité à bas prix) ;
- ⬆ Production d'une électricité fiable et à bas prix, lorsque le dimensionnement est adéquat ;
- ⬇ Investissement initial très important pouvant entraîner une prise de risque difficile à surmonter.

Sociaux et sanitaires

- ⬆ Aménagement du cours d'eau, ce qui limitera les risques d'inondation ;
- ⬆ Développement de nouveaux services énergétiques de base, qui améliorent les conditions de vie des populations (diminution de la pénibilité du travail, etc) ;
- ⬇ Risque de conflits avec les autres usagers (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs) sur les quantités d'eau allouées à la centrale.

Environnementaux

- ⬆ Lorsque la centrale remplace une centrale thermique, diminution des émissions de gaz à effet de serre ;
- ⬇ Risque de destruction de la faune et la flore aquatique en cas de non respect des débits minimum laissés au cours d'eau, et en raison de la présence d'une prise d'eau.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux, valorisation de réductions d'émissions

Les micro et petites centrales hydrauliques reposent sur la force motrice disponible dans les cours d'eau. C'est une énergie inépuisable et totalement renouvelable. Son utilisation pour la production d'électricité en remplacement d'une source fossile (gasoil, charbon) permet de lutter contre le changement climatique.

Les projets de micro et petite centrale hydraulique sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project ») de type I , énergie renouvelable. Les méthodologies AMS I.A « Electricity generation by the user » et AMS I.D « Grid connected renewable electricity generation »[2] donnent les méthodes de calcul de réduction des émissions.

2. Disponible sur le site de la *Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (CCNUCC, www.unfccc.org)

Illustration : Micro hydroélectricité en Inde

Statut projet : *Marché d'échange volontaire*
Opérateur : GERES Inde
Crédit carbone : URVE
Source d'information : www.india.geres.eu
Méthodologie : AMS I A « Electricity generation by the user »
Comptabilisation des crédits : 2005- 2012

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Le projet a été mis en place auprès de communautés du Ladakh et prévoit l'installation de 10 stations de micro électricité d'une puissance moyenne de 8 kW. Ces stations produisent de l'électricité permettant de l'éclairage ou des activités de mécanisation. Elles remplacent l'utilisation de groupes électrogènes ou de systèmes moteurs permettant un entrainement mécanique. Elles évitent ainsi une consommation d'énergie fossile (gasoil).

Ordre de grandeur

Les réductions d'émissions permises par une station hydroélectrique (production d'énergie 48 kWh/an) sont estimées à 6.7 t CO_2 équivalent chacune. La vente des crédits pendant une période de 10 ans permet le financement de 5 à 10 % du coût total de la station estimé à environ 12 000 €. Dans le cas de ce projet, la vente de crédits permet de contribuer très partiellement au financement de l'équipement.

ÉTUDE DE CAS

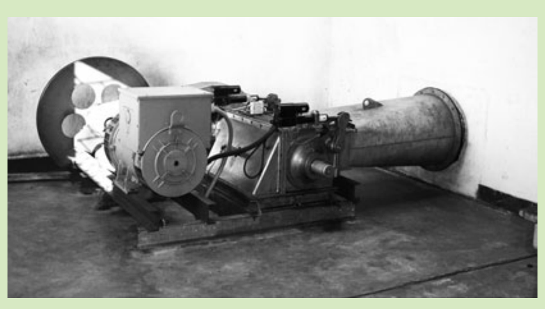
LA MICRO-CENTRALE HYDRAULIQUE D'ANTETEZAMBATO (MADAGASCAR)

Projet financé par : Région Wallone, *IEPF*, Ministère de l'énergie et des mines Malgaches, Fondation Énergies pour le Monde, *EDF, ADEME*
Ampleur : Projet de petite ampleur de budget inférieur à 50 000 € par an
Opérateur : Coopérative locale Aditsara
Partenariat principal : Fondation Énergies pour le Monde
Partenariat secondaire : J-L Willot/Tenema (fournisseur/installateur de la micro-centrale)
Date réalisation : Études : 1999 / Mise en service : 2002 / Suivi : jusqu'en 2009
Zone de projet : Commune d'Antetezambato, centre de Madagascar
Bénéficiaires : 186 abonnés (fin 2007)





La centrale



Les éléments de la centrale

Contexte

Antetezambato est l'un des hameaux de la commune de Tsarasaotra, située à une dizaine de kilomètres d'Ambositra, elle-même à près de 250 km au sud de la capitale, Antananarivo. Dans un rayon de 1,5 km, cinq autres hameaux sont desservis en électricité grâce à un petit réseau de distribution local alimenté par la centrale hydraulique.

Activités mises en œuvre par le projet

Le projet a suivi la démarche suivante :
- Réalisation d'une étude de faisabilité sur le site (hauteur de chute de 12 mètres, débit de 544 litres/sec) et au niveau du hameau
- Dimensionnement et mise en place de la micro centrale (puissance électrique de 42 kW)
- Constitution d'une coopérative d'exploitation de l'infrastructure électrique. Elle entretient les équipements, recouvre les paiements selon une tarification établie, raccorde de nouveaux clients, lance des travaux d'extension et accompagne les usagers dans la bonne gestion de l'électricité, rend compte de ses activités à la mairie de la commune et à la Direction de l'Énergie
- Suivi/accompagnement du projet : un bureau d'études malgache (Mihiratra) assure un suivi dégressif du personnel de la coopérative pour sa professionnalisation.

Bilan

Après la mise en service de l'installation fin 2002, le raccordement des usagers au réseau s'est réalisé progressivement. Initialement seulement 54 abonnés étaient raccordés. L'usage de l'éclairage s'est développé permettant aux utilisateurs de réaliser des économies, l'électricité étant moins coûteuse que le pétrole ou les bougies.
Ainsi, fin 2007, on compte 186 abonnés pour un réseau de 6 km et une puissance appelée moyenne d'environ 25 kW. Les usages de l'électricité couvrent le domaine domestique (éclairage et moyens audio-visuels), le domaine social (école, centre de santé, éclairage public) et productif (vanniers, soudeurs, ferme-école, etc.)
Après plus de 5 ans de fonctionnement, les principaux impacts sont les suivants :
- Une amélioration de la santé, l'éclairage électrique n'émettant pas de fumées comme souvent les lampe à pétrole ;
- Une meilleure scolarité, par des conditions d'études améliorées. Un collège doit être construit à Antetezambato compte tenu du plus grand nombre d'élèves aptes à passer en second cycle ;
- Une amélioration de la sécurité, la lumière allumée la nuit limite le vol de bétail, fréquent dans la région ;
- Un développement économique par l'émergence d'activités artisanales après la tombée de la nuit. Certains foyers ont développé de petites activités génératrices de revenus : couture pour confectionner des sacs, fabrication et vente de yaourts grâce à un réfrigérateur, fer à souder pour effectuer de petites réparations.

Évolution du projet

Alors qu'au lancement du projet, les tâches de la coopérative étaient effectuées manuellement, un ordinateur permet aujourd'hui de garder l'historique des différents évènements et d'anticiper les futures évolutions tant techniques que financières. L'augmentation constante de la consommation incite par exemple au lancement de nouveaux travaux dont :

- le remplacement des ampoules à incandescence par des ampoules fluorescentes pour réduire la consommation unitaire des sources d'éclairage ;
- le passage d'une tarification forfaitaire à une tarification au compteur pour une gestion plus économe de l'électricité.

En savoir plus

Bibliographie :

« Guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité » – ADEME, 2003

« Transfert de la fabrication d'une turbine hydraulique JLA de type Cross Flow au Sri Lanka », Géraldine Bruggeman, 85 pages – ULB, 2005 [en ligne] disponible sur www.codeart.org

« Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant" – ESHA, 2004

« Layman's handbook on how to develop a small hydro site, Celso Penche & Dr Ingeniero de Minas, 266 pages" – ESHA, 1998

« Dossier pédagogique Energie et développement durable en milieu rural en Afrique – Fiche n°5 : L'accès à l'électricité et ses applications domestiques » - E. Buchet et B. Pallière. 2008. Publication GERES.

Internet :

Site de « Small hydropower » : *www.esha.be*,
Site de « Micro hydropower » : *www.microhydropower.net*
Site de l'ADEME- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : *www.ademe.fr*
Site de la commission européenne, section énergie : *www.europa.eu.int/comm/energy*
Site de la Fondation Énergies pour le Monde : www.energies-renouvelables.org

Les petites centrales solaires et éoliennes

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.4 Les kits batterie-système photovoltaïque, Fiche 3.2 Les micro et petites centrales hydrauliques.*

Le développement de l'électrification est un enjeu socio-économique important pour la plupart des pays du Sud, notamment dans un contexte de fortes disparités entre les grandes zones urbaines généralement bien électrifiées, et les zones rurales où l'électricité est encore le plus souvent absente.
Cet enjeu porte à la fois sur le secteur domestique, où l'électricité permet aux zones rurales d'accéder à des services de base proches de ceux des grandes villes (éclairage, froid, communications, etc.), et sur le secteur productif (artisanat, commerce,...), pour lequel l'absence d'électricité est un véritable frein au développement. Plusieurs modes d'alimentation et de distribution d'électricité existent et sont plus ou moins adaptés aux besoins et aux contextes techniques et économiques. En dehors de cas particuliers où la grande hydroélectricité est abondante, les énergies fossiles fournissent la plus grande part de l'électricité produite.

Le contexte international récent, révèle dans les pays du Nord à la fois une énergie fossile au coût croissant et qui va se raréfier, et une augmentation de l'utilisation des énergies solaires et éoliennes à grande échelle. Il porte naturellement à envisager une alimentation en énergies renouvelables plus large et plus fréquente dans le cadre des programmes d'électrification dans les pays du Sud. Certaines applications, comme les petits réseaux villageois, peuvent en effet bénéficier d'une fourniture électrique par installation solaire ou par petite éolienne.

NB : les installations spécifiques comme l'alimentation des systèmes de communication (relais téléphoniques, etc.) ne sont pas concernées par cette présentation.

ENERGIES SOLAIRE ET ÉOLIENNE POUR LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS LES PAYS DU SUD

Alimentation et distribution électrique dans les pays du Sud

L'alimentation et la distribution électrique d'un pays utilisent schématiquement 3 grands types de moyens :

Le réseau électrique interconnecté

Développé au niveau national/international, et alimenté par toutes sortes d'énergies fossiles ou renouvelables, ce réseau, dont le déploiement est très onéreux, est adapté à l'alimentation des zones les plus denses en population et industries : villes, grandes zones d'activités ou industries. Son extension en zone rurale ne peut se faire qu'avec une très forte mobilisation financière (cas de l'Europe après la seconde guerre mondiale), et il ne touche en général pas l'habitat isolé.

Le réseau en îlots ou réseau « villageois »

Développé à l'échelle d'une collectivité, ce réseau autonome est alimenté par de petites ou moyennes installations électriques, le plus souvent des groupes électrogènes diesel, mais également par des centrales hydrauliques, solaires, éoliennes, biogaz, etc. Il peut alimenter le secteur domestique et le secteur artisanal, voire de petites industries. Le niveau de puissance installée est typiquement de 10 kW à 1000 kW.

Les installations individuelles

Alimentées par batteries rechargées sur le réseau, par groupes électrogènes, ou encore par kits photovoltaïques, etc. ces installations répondent à des besoins domestiques uniquement ou des activités individuelles (petit commerce ou artisanat peu consommateur d'énergie). Le niveau de puissance installée est typiquement de 50 W à 500 W.

Nous traiterons ici des installations solaires et éoliennes adaptées à l'alimentation des réseaux villageois.

Installation solaire ou éolienne

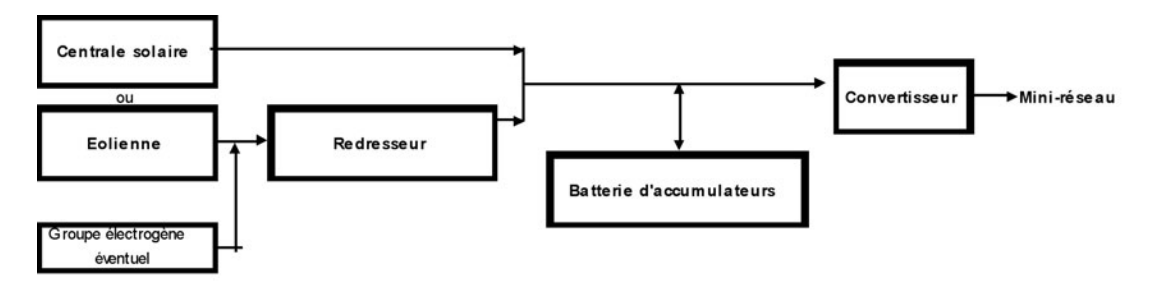
Typologie

Ces installations voient le jour en général dans des villages ou petites villes en développement.

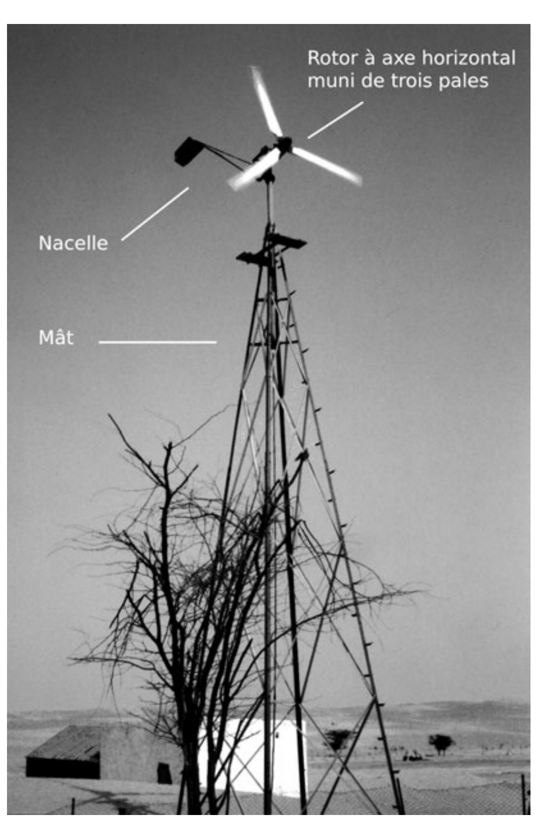
Elles répondent à une demande électrique croissante correspondant à des besoins variés (artisanat, domestiques), auxquels les moyens de production individuels ne peuvent plus apporter de réponse satisfaisante et dans un contexte de difficulté d'approvisionnement en diesel (éloignement, hausse des coûts). Elles correspondent à une volonté, également, d'utiliser des énergies locales (vent, soleil), avec des coûts récurrents plus faibles qu'avec des dispositifs fonctionnant au gasoil. Ces coûts sont limités à la maintenance et parfois l'achat de gasoil lorsqu'un appoint est nécessaire (système hybride solaire/diesel ou éolien/diesel).

Principes de fonctionnement

L'organisation des 2 types de centrales est relativement similaire et est la suivante :



Dans le cas des centrales photovoltaïques, le captage du rayonnement solaire est permis par une série de panneaux, composés de cellules qui assurent la conversion directe du flux lumineux du soleil en électricité. La production d'une centrale photovoltaïque est cyclique et varie en fonction de l'heure du jour et de la saison. L'énergie produite par jour dépend de la puissance du panneau (exprimé en Watt-crête[1]) et du potentiel d'ensoleillement.



Eolienne en Mauritanie

Dans le cas des centrales éoliennes, un parc d'une ou plusieurs éoliennes est installé dans une zone bien ventée (côte, plaine, etc). Une éolienne est constituée d'un mât de 50 à 110 m de haut. À son sommet se trouve une nacelle équipée d'un rotor à axe horizontal, à trois pales mises en rotation par le vent. Dès que le vent atteint une vitesse minimum, il entraîne les pales dans un mouvement circulaire. Le rotor est actionné à son tour par le mouvement des pales, et permet au générateur de créer un courant électrique alternatif. Le redresseur permet de convertir ce courant alternatif en courant continu.

Qu'il s'agisse d'un système éolien ou d'un système solaire, ils produisent de l'électricité de manière discontinue. Il est donc nécessaire soit de stocker en batteries -au moins partiellement- l'énergie pour la restituer le soir (avec risque de pénurie quand le stockage est épuisé), soit d'avoir en plus du stockage un appoint (groupe électrogène) pour assurer une continuité de service sur les plages horaires de fonctionnement.

Des technologies en développement

Ce type d'installations existe depuis plus de deux décennies, tout au moins pour le solaire. Toutefois, en dehors des nombreuses installations spécifiques aux radiocommunications, le développement a été lent, aussi bien pour des raisons du prix bas des carburants fossiles que du prix élevé du solaire ou du petit éolien. Ce contexte est toutefois en pleine évolution, les centrales solaires étant maintenant développées à très grande échelle dans les pays du Nord, conduisant à une chute importante des coûts (divisés par 4 en 20 ans), alors que le prix du gasoil augmente très fortement.

Le petit éolien, encore peu diffusé, a également connu une chute des coûts -dans de moindres proportions- et reste moins cher en investissement que le solaire pour des installations d'une certaine importance. Ses applications sont toutefois plus spécifiques que celles du solaire : les zones suffisamment ventées sont moins nombreuses et les exigences de maintenance sont plus importantes.

Il faut néanmoins avoir à l'esprit que même si leurs coûts ont diminué, ces solutions solaires ou éoliennes restent beaucoup plus onéreuses en investissement qu'une centrale à gasoil. Elles requièrent donc en général des modes de financement spécifiques.

1. Le watt-crête est une unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation électrique solaire pour un ensoleillement standard de 1000 Watt par m² à 25°C

Enjeux pour les acteurs du développement

Les acteurs du développement sont très largement impliqués dans les programmes d'électrification : en effet, le financement des réseaux comme des moyens de production fait généralement appel à des prêts et à des niveaux de subvention importants, le plus souvent apportés par les agences de développement et les institutions financières internationales.

Acteurs de terrain

Plus spécifiquement sur les installations de taille moyenne, décentralisées, les acteurs de terrain que sont les ONG et/ou les petites entreprises locales sont fréquemment à l'origine des projets ou en sont des acteurs privilégiés. En effet, contrairement aux grands programmes d'électrification réseau définis et conduits de manière centralisée en s'appuyant sur la notion d'offre énergétique, les projets décentralisés s'appuient sur l'expression et l'analyse des besoins locaux en électrification. Les ONG, à travers leurs implantations et leurs programmes de développement, sont en effet souvent confrontées à la pénurie de services énergétiques et à la nécessité de développer ceux-ci.
Les ONG ont également souvent pour mission de rechercher les meilleures solutions en matière d'impact social ou environnemental, ce qui conduit à envisager des technologies propres ; pour la production électrique, le solaire et l'éolien sont alors des solutions à rechercher.

Pouvoirs publics

Les politiques publiques ont une importance fondamentale pour la mise en place d'opérations d'électrification qui relèvent en effet grandement de l'Etat. Celui ci n'a en général pas les moyens d'électrifier à grande échelle, et il doit alors mettre en place une réglementation adaptée, avec des moyens de planification, d'incitation, d'intervention.
Les pouvoirs publics ont donc pour rôle par exemple d'autoriser la production-distribution d'électricité en dehors d'un monopole pour qu'une collectivité développe un projet de réseau local. L'Etat peut alors créer une incitation en planifiant et en mettant à disposition des ressources humaines et d'organisation (création d'une agence d'électrification rurale, etc.). Il peut orienter les projets vers l'énergie propre en détaxant celle ci (taxes d'importation, TVA ou fiscalité locale, etc.), ou en les aidant directement : mise en place de programmes nationaux en lien avec les institutions financières nationales ou internationales, lignes de financement aidées.

De manière générale, en éolien ou en solaire, des projets ne peuvent voir le jour qu'à condition de rencontrer un environnement institutionnel favorable.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Evaluer la pertinence des solutions mini réseaux solaires ou éoliens

La pertinence de développer un projet découlera d'une étude de faisabilité et des possibilités de financement qui peuvent être mobilisées. Cependant, quelques vérifications préliminaires peuvent être faites avant d'engager des travaux d'études lourds.

Objectifs d'un diagnostic initial

Il permet de :
- Recenser et évaluer les besoins électriques existants ou à venir (demande électrique croissante : artisanat, domestique, ...), et leur niveau de solvabilité ;
- Evaluer les possibilités de production solaire ou éolienne permettant d'assurer la couverture des besoins identifiés ;
- Evaluer les possibilités et les solutions d'organisation et de partenariat à mettre en place ;
- Analyser les conditions de viabilité économique d'un ou de plusieurs scénarios de projet.

Si au départ du projet un mini-réseau villageois existe déjà (cas d'un projet de substitution d'énergie diesel par du solaire par exemple), le diagnostic initial est grandement facilité : les besoins sont assez bien connus, de même que les possibilités organisationnelles.

Les étapes principales d'un diagnostic

- Typologie des besoins en services électrique :

Une étude de marché est à mettre en œuvre, impliquant un recensement et une analyse des équipements électriques préexistants, et de l'ensemble des usages énergétiques substituables par l'électricité.

- Evaluation des capacités locales de gestion d'équipements :

Si un mini réseau existe déjà, la tâche est facilitée : il s'agira d'analyser la gestion et l'exploitation actuelle des installations (distribution d'eau, gestion de dispensaire, transformation agricole, etc.)
Il est fréquent de proposer une installation à l'énergie solaire lorsqu'on ne parvient plus à acheter du diesel, ou à réparer le groupe. Pourtant ces phénomènes caractérisent une gestion déficiente ou une solvabilité insuffisante des futurs utilisateurs.
Il est donc préférable dans ce cas d'éviter des solutions onéreuses comme le solaire ou l'éolien, même si elles peuvent être largement subventionnées, car la nécessité et les coûts de maintenance existent aussi avec une éolienne (machine tournante) ou avec du solaire (batteries), et ces coûts récurrents ne peuvent être financés que par un marché solvable.

- Analyse des modalités de financements et de subventions :

Même si un mini réseau existe déjà, les investissements sont beaucoup plus élevés (fréquemment 3 à 5 fois plus) qu'en solution « diesel », imposant en général le recours au prêt et à la subvention. Ces deux solutions

financières couvrent environ 90 % de l'investissement. D'où la nécessité de mobiliser des bailleurs : Etat, agences bi ou multilatérales, etc.

- Appréhension du contexte technique :
Le site de production doit être proche des usagers car les longueurs de réseau coûtent très cher.
Une éolienne ne peut être envisagée que sur une zone bien ventée, ce qui n'est pas toujours facile à évaluer, et une analyse de gisement est onéreuse. Quelques signes (arbres dissymétriques,...) sont parfois utiles, de même que des situations de gisement « reconnues » (côtes marocaines / mauritaniennes, etc.), mais en cas de doute, il est fréquent que le gisement soit insuffisant (moins de 7 à 8 m/s en moyenne annuelle). Le gisement éolien est également souvent très localisé et facilement perturbé (bâtiments, végétation, relief,...), imposant une implantation précise des éoliennes.

Le gisement solaire est moins discriminant, et généralement mieux connu, mais une installation solaire nécessite de la place sur une zone sans ombrage et protégée des animaux.

Une installation éolienne ou solaire doit pouvoir être approvisionnée en matériel sans trop de difficultés (dans le pays de préférence) et maintenue de même (capacités de maintenance locale). Cela ne pose en général plus de problème en solaire, des distributeurs et installateurs existent dans la plupart des pays, mais c'est plus rarement le cas en éolien, et il s'agira alors de trouver et d'évaluer des capacités locales de fourniture et de maintenance. De manière générale, la mise en œuvre de telles installations sera facilitée par l'insertion du projet dans le cadre d'un programme d'électrification villageoise plus large, mené à un niveau territorial significatif.

Appuyer la mise en place de petites centrales éoliennes et solaires

Cible :

Foyers individuels (électricité domestique), villages (éclairage public), artisans et commerçants (électricité productive)

Fonctionnalité, performances :

Une installation sur mini-réseau a typiquement une puissance de quelques kilowatts à plusieurs centaines de kW.

Ainsi, une installation de quelques kW permet de fournir un l'éclairage public et d'approvisionner en électricité quelques abonnés d'une petite localité. Une installation de 50 kW est adaptée à une localité de quelques milliers d'habitants et permet des usages collectifs (éclairage public, de collectivité etc.), domestiques et un peu d'artisanat.
L'un des points fondamentaux d'une telle installation est l'intégration, dans le projet, d'une optimisation de la demande en énergie.
Il est en effet beaucoup plus rentable économiquement de réduire les consommations en incitant à la mise en place d'usages efficaces (lampes fluo-compactes, etc.), que de sur-dimensionner une éolienne ou un système solaire.
Des outils adaptés de gestion de la demande (limitation de puissance souscrite,...) permettent d'orienter celle-ci à la baisse, tout en conservant un service égal.

Maturité technologique :

Systèmes solaires :
Les modules solaires à base de silicium sont un produit industriel standard très largement diffusé et très fiable. A côté du silicium, de nouvelles technologies, moins onéreuses à terme, voient le jour (CdTe, ...), dont on ne connait pas la fiabilité dans le temps. Il vaudra mieux se cantonner au silicium pour une installation en PED.

Systèmes éoliens :
Les grandes éoliennes sont des produits industriels standards, mais ce n'est pas le cas des éoliennes de petite taille dans la gamme du kW ou dizaine de kW. Ces machines restent de petites séries, intégrant souvent des équipements spécifiques rendant la maintenance plus complexe. D'où la nécessité, pour faciliter la vie d'une installation, d'intégrer celle-ci dans un ensemble plus large de plusieurs projets avec un cadre de maintenance bien défini et à long terme.

Dans les 2 cas, les batteries utilisées devront être suivies de près. C'est en effet un élément faible -et fragile- de tous les systèmes isolés, avec une durée de vie plus réduite que les autres équipements.

Accompagnement projet :

Si la mise en place d'un système solaire est une opération standard généralement bien maitrisée localement sur le plan technique (proche des installations de télécom par exemple), il n'en est pas de même pour une éolienne, car les compétences sont le plus souvent inexistantes localement. D'où l'intervention nécessaire d'un fabricant ou d'un installateur extérieur, avec une nécessité d'appropriation technique locale (transfert technologique, formation) pour qu'au moins une partie de la maintenance soit effectuée localement.
Dans les 2 cas, lorsque la mise en place du service de distribution d'électricité n'est pas institutionnelle, ces projets impliquent un travail de préparation et de structuration des acteurs, qui devront assurer la maitrise d'ouvrage et l'exploitation directe ou déléguée des installations. Ils impliquent également un suivi aussi bien technique que de gestion, pour assurer la pérennité du service et des équipements.

Etapes de la démarche projet :

Ce tableau tente de donner, à titre indicatif, les quelques grandes lignes des étapes de réalisation d'un projet. Si ce projet fait partie d'un programme plus large, les étapes 3 à 6 peuvent être conditionnées par le contenu du programme dans son ensemble.

Etapes	Acteurs	Méthodologies	Financement	Engagement
1. Identification des besoins : étude de marché	Etat (agence,..) et/ou collectivités, ONG, bureaux d'études (BE)	Ciblage, enquêtes, analyse données, prospective	Public en général	
2. Potentiel production	Etat, BE, entreprises, ONG, collectivités	Etude ou évaluation gisement, analyse site, conditions d'approvisionnement, etc.	Public en général	
3. Potentiel organisationnel, montage projet	Etat, collectivités, BE, entreprises, ONG,	Evaluation des capacités locales de gestion, et scénarios d'organisation/ montage projet	Public en général	
4. Faisabilité et plan financement	Etat, BE, entreprises, ONG, collectivités	Etude faisabilité technico-économique, organisationnelle, étude impacts	Public en général	
5. Commercialisation du projet (engagement clients)	Usagers, entreprises, ONG, collectivités	Montage d'une offre, démarche commerciale	Public, entreprises, collectivités	
6. Décision engagement projet	Etat et/ou collectivités, entreprise si délégation	Analyse faisabilité et bouclage financement		Si étape 5 validée
7. Réalisation	Etat et/ou collectivités, entreprise(s)	AMO, équipe maitrise d'œuvre, travaux	Public (subvention), collectivités et/ou privé	
8. Exploitation, suivi et animation	Collectivités, entreprises sous délégation, ONG	Exploitation Analyse données exploitation, communication, etc.	Collectivités et/ou privé, public (suivi)	

Compétences requises :

Formations, renforcement de capacités, ingénierie technique, maîtrise d'œuvre, installation systèmes (électricité, mécanique, ...), exploitation et gestion d'installations électriques

Pérennisation :

Choix des équipements, dimensionnement des installations :
Les choix techniques de conception doivent permettre une exploitation normale à long terme : durée de vie suffisamment importante du matériel dans les conditions locales, possibilité et facilité de maintenance, disponibilité d'équipements de renouvellement.

Viabilité économique et opérationnelle :
L'exploitation doit permettre un bon équilibre financier (nécessité de gestion rigoureuse), et le partenariat et les structures impliquées doivent être durables.

Comme pour toute mise en place de réseaux, les temps de retour sur investissement sont ainsi très longs (plusieurs dizaines d'années). D'où la nécessité de subventions élevées (les réseaux électriques sont fréquemment subventionnés à plus de 50 %, voire 80 %, quel que soit le pays). Les productions éolienne ou solaire ont également des temps de retour élevés (plus de 20 ans), nécessitant également des subventions d'investissement. Cependant, ces temps de retour ont tendance à diminuer avec la hausse du coût des énergies fossiles.

Implication des acteurs :
La pérennité ne pourra être assurée sans une bonne appropriation locale du projet : implication importante par la maîtrise d'ouvrage locale, formation efficiente des exploitants, techniciens de maintenance disponibles dans le pays.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Création d'activités productives (artisanat, commerce,...) permises par l'électricité : emplois, revenus ;
- ⬆ Création d'entreprise d'exploitation des installations (emplois de gérant, de techniciens, etc.) ;
- ⬆ Diminution ou meilleure maîtrise du budget énergie des ménages (piles, recharge batteries,...)

Sociaux, sanitaires et sécurité

- ⬆ Sécurité des déplacements nocturnes (éclairage public) ;
- ⬆ Equipements collectifs : froid et éclairage (maternité,..) pour les centres de santé, etc. ;
- ⬆ Sécurité domestique : substitution du pétrole lampant, source d'incendies ;
- ⬆ Amélioration de l'éclairage domestique : confort, travail scolaire, petits travaux domestiques productifs ;
- ⬆ ⬇ Accès aux moyens de communication : radio, télévision, téléphone portable, etc.

Environnementaux

- ⬆ Diminution des émissions en gaz à effet de serre (substitution diesel, pétrole lampant,...)
- ⬆ ⬇ Diminution de la pollution : moins de piles et de batteries individuelles. Il faut cependant prendre en compte le problème environnemental posé par le recyclage des batteries du système solaire ou éolien.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux et valorisation de réductions d'émissions

Les projets de diffusion de petites centrales électriques fonctionnant à l'énergie éolienne ou solaire sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project ») de type I. « Energie Renouvelable ». La puissance installée est au maximum de 15 MW. Les méthodologies AMS I.A « Electricity generation by the user » et AMS I.D « Grid connected renewable electricity generation »[2] donnent les méthodes de calcul de réduction des émissions.

Illustration : "Horizonte Wind Power Generation Project", Brésil

A date d'écriture de l'ouvrage, les exemples de projets enregistrés comme MDP « éolien » (ou de projets sur le marché volontaire) permettent une production d'électricité délivrée sur des réseaux de distribution régionaux ou nationaux dits « interconnectés ». Ils ne sont pas totalement illustratifs des installations présentées dans cette fiche, qui permettent la production d'électricité dans des zones enclavées n'ayant justement pas accès aux réseaux interconnectés. Un exemple est cependant donné pour indiquer un ordre de grandeur des réductions d'émissions permises par une éolienne.

Pour les projets dans le domaine du photovoltaïque, nous invitons le lecteur à consulter la fiche 1.4 Les kits batterie-système photovoltaïque.

Statut du projet : MDP
Opérateur : Central Nacional de Energia Eolica[3]
Source d'information : www.unfccc.org
Crédit carbone : URCE
Méthodologie : AMS I. D « Grid connected renewable electricity generation »
Comptabilisation des crédits : 2004-2011

Principe de la réduction d'émissions

Le projet est mis en place dans l'Etat de Santa Catarina dans l'extrême sud du Brésil. Il prévoit la mise en place de 8 éoliennes dont les turbines ont individuellement une capacité de génération de 600 kW. La capacité totale de l'installation est de 4,8 MW. L'électricité produite est distribuée sur le réseau régional et se substituent à de l'électricité produite à partir d'énergie fossile (charbon pétrole).
Une moyenne de 6 230 t CO_2 équivalent par an est économisée grâce aux 8 éoliennes.

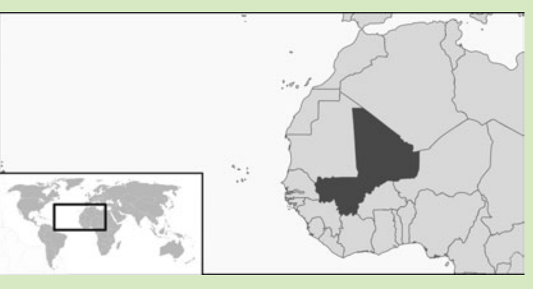
2. Disponible sur le site de la CCNUCC, www.unfccc.org
3. Entreprise privée brésilienne spécialisée dans le développement de parc éolien

FICHE 3.3

ÉTUDE DE CAS

RÉSEAU VILLAGEOIS ALIMENTÉ PAR UNE CENTRALE SOLAIRE AU MALI

Projet financé par : SSD-FRES (filiale NUON-Pays-Bas), *AMADER* (Mali), SSD Yeelen Kura (Mali, filiale EDF et NUON)
Ampleur : Projet de petite ampleur, de budget inférieur à 50 000 € par an
Opérateur : SSD Yeelen Kura
Partenaire : *AMADER*
Date réalisation : A partir de 2008
Bénéficiaires : La population Kimparana, c'est à dire 6 400 habitants





Centrale solaire de Kimparana (Mali) : parc batteries @Yeelen Kura



Centrale solaire de Kimparana (Mali) @ Yeelen Kura

Contexte

Sous préfecture de la région de Ségou au Mali, en zone cotonnière, Kimparana fait partie d'un vaste programme d'électrification villageoise piloté par l'Agence Malienne d'Electrification Rurale (AMADER), qui met en œuvre essentiellement des groupes électrogènes (certains alimentés, à titre d'expérimentation, en agro-carburant), mais également des kits photovoltaïques, et une centrale solaire sur ce site de Kimparana.

Activités mises en œuvre par le projet

Le maître d'œuvre et exploitant de cette installation est Yeelen Kura, société de services décentralisé (SSD) chargée d'électrifier 22 localités de la Région, et qui a également 1400 kits solaires en exploitation depuis 2002 (cf fiche 2.4 Les kits batterie-système photovoltaïque).
Le projet consiste à électrifier la localité par la mise en place d'un réseau de distribution basse tension, desservant 500 foyers (217 à la mise en service en 2008). Ce réseau est alimenté par une centrale solaire de 72 kWc, produisant 86 MWh/an disponible pour les usagers et par un groupe électrogène d'appoint.
Les services alimentés sont aussi bien domestiques que productifs. La période de fonctionnement journalière est de 10 h à 24 h.

A suivre…

La centrale a été mise en service au printemps 2008. Un premier bilan pourra avoir lieu à partir de 2010.

En savoir plus

Bibliographie :

« Électrification rurale par énergies renouvelables en Afrique Sub-Saharienne » – 2007. Publication FONDEM, disponible en ligne sur www.areneidf.org

« Dossier pédagogique Energie et développement durable en milieu rural en Afrique, fiche n°5 : L'accès à l'électricité et ses applications domestiques » –E. Buchet et B. Pallière. 2008. Publication GERES.

« Électrification rurale par énergies renouvelables en Afrique Sub-Saharienne », Observ'ER, 2007 (Scarabée 19-20), http ://www.areneidf.org

Internet :

Site de Light Up the World Fundation : *www.lutw.org*
Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net
Site de l'ADEME- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : *www.ademe.fr*
Site de la Fondation Énergies pour le Monde : www.energies-renouvelables.org

Les besoins thermiques des PME et des collectivités

> **Fiche connexe :** *Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible*

Les besoins en énergie, principalement d'ordre thermique concernent une grande variété d'activités de transformation en milieu rural, mais également pour les collectivités en zone urbaine, ainsi que les unités économiques plus importantes.

Avec l'augmentation du prix des combustibles fossiles, une plus forte pression s'exerce sur la *biomasse-énergie* (charbon de bois, bois, déchets agricoles, etc.). En l'absence de gestion durable de cette biomasse à l'échelle nationale, cette tendance est un facteur aggravant de la déforestation. Concernant la performance des équipements, une marge de progression est facilement réalisable (en rapport avec les capacités financières des unités), les économies de combustible sont alors de 30 à 50%. Le rôle des acteurs du développement est souvent prépondérant, notamment pour la mise au point de la technologie, la création de sites pilotes et la mise en place d'un appui sectoriel. Il est ensuite plus facile de passer le relais au secteur privé, demander l'appui de bailleurs de fonds conventionnels plus à même de financer des phases d'extension. Cette fiche passera en revue différentes actions qui peuvent être entreprises pour appuyer les PME et les collectivités à une utilisation plus efficace de l'énergie dans leurs activités (à vocation thermique).

BESOINS THERMIQUES DES PME ET COLLECTIVITÉS

Impacts et contraintes

On peut distinguer trois grandes catégories d'unités concernées par ces besoins thermiques (aussi appelés besoins de chaleur) de moyenne puissance dans les pays en développement :
- Les unités familiales de transformation agroalimentaire
- Les collectivités (généralement pour de la cuisson de grande capacité)
- Les unités de production de plus grande puissance.

Les unités familiales

En milieu rural, il existe une grande variété de ce type d'unités permettant d'apporter un revenu complémentaire à l'activité agricole. Il s'agit essentiellement de transformation agroalimentaire pour la mouture ou le décorticage des céréales locales, le fumage, la distillerie, la pasteurisation, la fabrication de confitures, la petite restauration etc. Les besoins en chaleur sont variés : étuvage, vapeur, cuisson forte ou faible puissance, maintien au chaud sur longue période.
Les équipements sont souvent un compromis entre les matériaux disponibles localement pour leur fabrication, l'usage de biomasse à bas coût (déchet agricole, sciure, bois local...) et des technologies de combustion simple type foyer trois pierres avec ou sans grille. Les rendements sont faibles autour de 20-30%. La gamme de puissance se situe entre 10 à 50 kW.

Il s'agit d'un secteur informel peu appuyé par les pouvoirs publics. De plus, la production à moindre coût, de qualité médiocre pour le marché local ou national, limite les possibilités d'amélioration (absence de label, de marché solvable...). Les conditions de travail sont souvent pénibles (faible mécanisation, faible ergonomie, zone de travail enfumée, températures élevées...).

Les collectivités

On trouve ici les centres de formation, les orphelinats, les prisons, les centres religieux, les centres de santé. Leurs besoins thermiques concernent principalement la cuisson des aliments en grande capacité ou la stérilisation pour les instruments de soins.
Les équipements restent proches de ceux utilisés par les unités familiales de transformation avec des rendements identiques autour de 30%. La gamme de puissance se situe entre 10 à 50 kW. L'ergonomie y est faible avec des ambiances enfumées.
Les capacités financières des collectivités dépendent de leur ministère de tutelle. La biomasse est généralement achetée sur la base de contrats annuels auprès de grossistes. Elles peuvent aussi bénéficier de facilités de stockage de combustibles (séchage du bois par exemple).

Les unités de production ou de services de plus grande puissance

On entend par unité de production les briqueteries, poteries mais aussi les industries textiles pour les étapes de teinture/lavage. Pour les établissements de services, on trouve ici les bains publics type hammams. La gamme de puissance est plus élevée que les catégories précédentes et se situe autour de 100 à 500 kW.

Le type de technologie est variable, on trouve néanmoins une grande majorité d'équipements peu performants. C'est l'encadrement institutionnel qui peut faire principalement évoluer cet état de fait car les solutions technologiques sont connues et généralement accessibles à ce type d'unités. Situées en zone urbaine ou périurbaine, elles peuvent générer des pollutions atmosphériques non négligeables. En effet, il est

souvent fait usage de pneus ou d'huile de vidange dans les poteries avec des combustions incomplètes à basse température et ceci génère de fortes pollutions. Faute de maîtriser la source de pollution, on tente d'en réduire les nuisances auprès du voisinage direct. C'est ainsi que pour l'évacuation des fumées des chaudières à bois des hammams, des cheminées de plusieurs dizaines de mètres ont été construites dans les villes marocaines.

Solutions techniques pour les unités familiales

Améliorer l'équipement énergétique

Il s'agit d'un secteur informel travaillant à la commande, peu structuré. Une approche simple consiste à travailler uniquement sur un équipement plus performant (fiche 1.1 La cuisson économe en combustible), en proposant un accompagnement financier pour l'investissement.

On doit ajouter que la conception du nouvel équipement prendra en compte l'amélioration du produit fini. Il permettra par exemple une cuisson mieux maîtrisée, une puissance adaptée, un niveau de température mieux défini, l'absence de « goût de fumée », un ustensile de cuisson mieux adapté.
Sur les aspects énergétiques, on cherchera à proposer un équipement collectif dans le cadre d'une mutualisation des activités plutôt qu'une multitude d'équipements individuels. Pour une même technologie, les économies de combustible sont plus importantes avec un équipement collectif car l'inertie et les pertes thermiques par les surfaces externes sont moins importantes.

Modifier le procédé de fabrication

Une approche ne nécessitant pas la modification de l'équipement de cuisson-production de chaleur consiste à apporter une modification au procédé de fabrication. Par exemple dans la cuisson des briques, on aura intérêt à utiliser des briques creuses, ou bien à ajouter dans la masse argileuse un combustible de faible granulométrie (poussière charbon, balle de riz, sciure...). On peut ainsi réduire de 20 à 30% la consommation énergétique, la qualité mécanique des briques s'en trouve renforcée par une meilleure cuisson à cœur. Il en est de même pour les procédés agroalimentaires qui peuvent inclure une phase de blanchiment, une découpe de plus petits calibres, un broyage initial afin de diminuer l'énergie à mobiliser dans la suite du processus.

Préférer une approche globale

Néanmoins, force est de constater que l'amélioration de l'équipement n'est qu'une partie de la solution pour obtenir un impact durable. Il s'agit de considérer l'ensemble de la filière. Une approche globale consiste à proposer un produit de meilleure qualité se traduisant par une plus-value à la vente, repositionner les producteurs face aux intermédiaires, mettre en place une organisation collective pour maîtriser l'accès au combustible, aux matières premières et aux outils de production. Il peut s'agir aussi d'apporter une réponse à d'autres difficultés dans la production outre l'aspect énergétique (tour avec roulements à billes pour les potiers traditionnels, malaxeur pour l'argile, abri pour faciliter le séchage....).

Valoriser les déchets combustibles

Une option intéressante reste la valorisation des déchets issus de la préparation des aliments dans ces unités (coques de noix, coques d'arachide, rafles de maïs, bagasse, noyaux de mangue…) comme combustible. Dans le cas où ces sous-produits sont trop humides (pour être utilisés directement) une solution pertinente, avec un gisement régulier de déchets fermentés, est la production de biogaz dans un digesteur (cf. Fiche 4.3 Le biogaz).

Solutions techniques pour les collectivités

Pour les cuissons collectives, les technologies à mettre en œuvre sont de même type que précédemment, seule l'approche diffère. Passée la phase pilote sur un ou quelques sites, il s'agira de négocier une intervention à l'échelle provinciale ou nationale avec l'appui des pouvoirs publics. Cette approche facilite la standardisation des équipements et donc garantit une large diffusion et une régularité de leur performance.

Solutions techniques pour les PME recourant à de plus grandes puissances

En premier lieu, le choix du combustible

Les capacités financières et la concentration des consommations permettent une approche plus en amont en commençant en premier lieu par le choix du combustible. L'enjeu est de passer d'un choix opportuniste à la sécurisation de l'approvisionnement avec un combustible à faible impact environnemental et si possible créateur d'emplois et de plus-value locale. Le choix du combustible est alors soumis à de nombreux critères comme le prix au kWh utile, l'effet sur la déforestation, la génération d'emplois liée à la filière, la plus-value locale, la pollution atmosphérique, la sécurisation de l'accès, la fluctuation des prix, l'évolution des prix à moyen terme…
Le combustible qui répond le mieux à cet ensemble de contraintes est souvent un déchet de biomasse non valorisé (balle de riz, rebuts d'élagages, grignons d'olive, bagasse...). Il s'agira alors de structurer la filière d'approvisionnement et d'introduire les technologies de sa valorisation énergétique (cf Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles).
La localisation de ces unités doit être conçue pour un approvisionnement local en matière première ainsi qu'en accès durable aux combustibles. Par exemple, les briqueteries proches des unités de décorticage du riz auront à disposition un gisement de balle de riz à faible coût.

Des technologies à combustion performante

Les technologies de combustion montante sur grille sont maintenant dépassées et guère utilisées pour ce type d'utilisation dans les pays du Nord. Les normes imposées sur la qualité des émissions de fumées ont en effet banni ce genre de technologie. Les conditions de combustion de la biomasse ont été ainsi optimisées (réglage séparé air primaire et air secondaire, haute température de combustion au minimum 900°C).

Substitution de combustible

Dans le cas où il ne peut y avoir d'autres alternatives car il n'existe pas de ressource de biomasse locale, le choix d'un combustible fossile s'impose même si ce n'est qu'une période de transition tant ce choix est problématique pour les pays en développement ne disposant pas de gisements propres. Il s'agira alors de faciliter l'introduction de technologies performantes, par exemple utiliser du charbon minier non valorisé (poussière de charbon), et d'éviter l'utilisation du charbon minier de faible qualité avec des brûleurs peu performants dans des fours traditionnels.
Le *GPL* (Gaz de Pétrole liquéfié) reste le combustible de substitution le plus pertinent car il présente les meilleures performances de combustion à moindre coût et parce qu'il entraîne une faible pollution. Ses applications sont multiples dès lors que le coût du produit fini reste en cohérence avec le marché visé. On peut citer le cas du séchage de la mangue en zone sahélienne dans des séchoirs performants à recirculation. Il est aisé de réduire la consommation d'énergie par 2 lorsque l'on emploie des séchoirs gaz tout en obtenant une qualité optimale pour le produit final (la mangue est un produit difficile à sécher). Cette filière d'exportation est aujourd'hui opérationnelle, mais elle reste toutefois compromise si le faible coût du gaz ne peut plus être maintenu dans ce pays.

Du coté de la cogénération

Pour ce type d'unité de production, notamment dans un contexte rural, il peut être judicieux de faire le choix de la cogénération, c'est-à-dire en destinant les trois quarts de l'énergie utile à la production de chaleur (vapeur, cuisson...) et le reste à la production d'électricité pour, par exemple, alimenter un mini réseau local.

Enjeux pour les acteurs du développement

Les choix énergétiques et les solutions technologiques des PME et collectivités ont de nombreux impacts sur les problématiques de pollution, de déforestation, de gaspillage des ressources, etc.
Les acteurs du développement comme les ONG, les bailleurs de fonds ont un rôle d'accompagnement, d'aide à la décision pour soutenir les PME et collectivités dans :

- La gestion raisonnée des déchets de biomasse combustibles et la mise en place de plantations énergétiques ;
- Le transfert de technologie pour des équipements performants et peu polluants ;
- L'appui à l'émergence de savoir-faire par la mise en place de centres de formation et de démonstration ;
- L'appui à l'accès à des mécanismes financiers permettant ce transfert de technologie (crédits, mécanismes financier du protocole de Kyoto comme le Mécanisme de Développement Propre).

Les pouvoirs publics ont un rôle à jouer dans :

- La planification stratégique des choix énergétiques à l'échelle nationale en veillant à une cohérence dans la répartition de l'usage des ressources d'énergie existantes ;
- La normalisation des équipements efficaces ;
- La mise en place d'une fiscalité encourageant l'usage de biomasse renouvelable et les économies d'énergie (crédit impôt, réduction sur des taxes...) ;
- L'appui à des réflexions sectorielles (groupe de travail, travaux de recherche) sur les thématiques concernant les besoins énergétiques des PME et des collectivités, visant notamment : la veille technologique, la diversification des combustibles et une meilleure valorisation des déchets de biomasse ou encore la réalisation d'études d'impact.

Modalités d'intervention spécifiques

Les projets qui visent le secteur privé et les collectivités doivent en intégrer la logique de fonctionnement. Ainsi, certaines modalités d'intervention (sister company, société de services) sont des concepts à encourager afin de favoriser la structuration de filières ou la pérennisation des collectivités.

Partage des risques avec les PME par une structure type « sister company »

La création d'une structure relais est en effet stratégique pour assurer la commercialisation des produits efficaces en énergie, voir étude de cas (maîtrise de l'aval). Elle peut être de type « sister company » sous contrôle de l'opérateur de développement (ONG, Agence de coopération technique, etc.). Son objectif est de commercialiser des équipements de haute qualité, générer si possible des profits pour poursuivre son extension, s'assurer de la viabilité des unités familiales de production. Son statut juridique varie suivant les pays, en l'absence de statut spécifique, il s'agit d'une compagnie privée à caractère commercial.
Elle assume les risques liés à l'introduction d'une nouvelle technologie, facilitant la diffusion d'équipements performants à longue durée de vie. C'est un outil puissant pour l'organisation de la filière en l'absence d'intermédiaires, garantissant une juste formation du prix final.

Cette entreprise peut cibler par exemple le secteur informel des petites unités familiales qui est habituellement réticent à de tels investissements ; ce qui suppose un risque financier lié au caractère innovant du matériel. On brise ainsi le cercle de la pauvreté (faible capacité

d'investissement, mauvaise connaissance du marché, filière non organisée...), en s'orientant vers des activités plus productives avec des équipements performants et peu polluants.

Cette approche peut se révéler d'ailleurs plus efficace que d'imposer une collectivisation des outils de production souvent sources de conflits, mode de transfert de technologie qui semble peu adapté au secteur informel.

La notion de société de services pour les collectivités

Quand les besoins thermiques deviennent importants, cette activité peut s'organiser sous forme de fournisseurs de services énergétiques comme par exemple cela a lieu pour nombre de chaufferies des pays industrialisés (hôpitaux, hôtels, piscines, résidences...). L'exemple le plus représentatif est le cas des hammams urbains au Maghreb. On compte plus de 5 000 hammams au Maroc, consommant chacun a minima 200 tonnes de bois par an. Les gérants se trouvent démunis face à la nécessaire modification de leur parc de chaudières liée à l'augmentation du coût du bois et aux problèmes de pollution engendrée.
Pour faciliter le transfert technologique, la meilleure approche est pour les pouvoirs publics d'introduire un système reposant sur des sociétés de services énergétiques chargées de la gestion des équipements et de la consommation en énergie des collectivités.
Ces sociétés pourraient avoir des objectifs de résultats, leurs bénéfices étant liés aux économies de combustible. Elles ont alors intérêt à proposer l'introduction de chaudières performantes, former leur personnel, suivre régulièrement les performances des équipements. Ces sociétés pourraient ainsi se spécialiser selon le besoin : chauffage, régulation de réseau hydraulique.



Chaudière de hammam traditionnelle au Maroc

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Aborder le secteur des PME et des collectivités sur leurs besoins thermiques

Le diagnostic initial permet d'identifier les opportunités et contraintes à l'usage d'équipements performants. On peut lister les outils et/ou étapes du diagnostic :

Choix de la zone d'intervention

Le site doit être démonstratif, représentatif des autres collectivités ou PME du secteur, facile d'accès, avec des gérants prêts à l'innovation, pouvant jouer un rôle moteur par la suite (formation, démonstration...). La faisabilité d'un approvisionnement durable en combustible est un des facteurs principaux à prendre en compte (disponibilité combustible non valorisé...).

Description de la filière

Chaque PME se situe dans une filière caractérisée par ses matières premières (argile, viande, céréale...), ses outils de production, son organisation, sa saisonnalité, son circuit de distribution- vente, ses problèmes actuels (concurrence, normes, accès aux marchés solvables, diversification, coût du combustible, etc.), son évolution (en pleine expansion ou forte décroissance)…
Ce diagnostic doit cerner les enjeux et priorités des acteurs de ces filières. Il s'appuie sur des enquêtes, le suivi des productions, la rencontre avec les principaux acteurs et représentants, etc.

Cerner les priorités selon et avec les intéressés

Le choix des priorités d'intervention doit se faire avec les gérants des PME ou collectivités. Il s'agit de dégager les éléments critiques issus de la phase diagnostic, les présenter de façon intelligible (calcul du coût de production, projection sur les années à venir, scenarii selon les technologies, l'organisation et l'impact sur la productivité, salaire horaire, prix final...). Au cours de réunions de restitution, un plan d'action fixant les priorités sera défini en commun, comme par exemple le choix de sites pilotes pour démarrer des actions.

Choix du combustible

On prendra en compte les aspects suivants : prix au kWh utile, lutte contre la déforestation, génération d'emplois, plus value locale, pollution atmosphérique, sécurisation de l'accès, fluctuation des prix, évolution des prix à moyen terme.

Choix d'un équipement ou adaptation technologique

Le dimensionnement de l'équipement dépend de ses fonctions énergétiques, c'est-à-dire la puissance nécessaire, la durée d'utilisation, les spécificités du transfert thermique, le rendement visé, la qualité de la combustion, etc. Il répond ensuite à une série de contraintes financières, dépendant du type de matériaux disponibles, de la facilité d'utilisation et d'entretien, des conditions climatiques locales, du niveau de standardisation et de la disponibilité en électricité.

Deux théories s'opposent : des équipements mono-fonction à rendement limité plus faciles d'utilisation, ou bien des équipements multi-fonction à transfert thermique plus important et donc à rendement plus élevé, de conception certes plus complexe mais pour un usage parfaitement adapté selon le contexte d'utilisation.

Mettre en place des solutions techniques adaptées

Cibles :

PME et collectivités

Maturité technologique :

L'amélioration des techniques de cuisson et l'introduction d'équipements performants supposent un transfert de technologie. Suivant le contexte, il s'agira soit d'assurer ce transfert au sein du pays, ou en provenance de pays à contexte similaire, soit d'adapter une technologie industrielle à un contexte de production intermédiaire (réduction d'échelle, usage de matériaux locaux, savoir-faire locaux, simplification des dispositifs de contrôle et de régulation des équipements).

Le transfert technologique depuis d'autres zones nécessite quelques précautions. Il ne s'agit pas de copier des plans d'équipements, faire une visite et se lancer dans le développement par soi-même. Il est plus pertinent et efficace de faire appel à un référent technique ayant l'expertise dans la zone d'origine (concepteur, constructeur,..) avec le recul de plusieurs années de diffusion. Ceci garantit l'obtention d'un modèle performant et permet d'éviter les écueils (choix des bons matériaux, savoir-faire en construction, bon dimensionnement...). La construction du premier modèle est souvent l'occasion d'un chantier école où les constructeurs locaux seront formés en situation réelle.

Etapes projet indispensables :

Lorsque le diagnostic initial a validé la pertinence d'un appui aux PME ou aux collectivités pour une amélioration de leurs procédés de transformation et/ou l'introduction d'équipements efficaces, les étapes de projets sont les suivantes :

- Conception et validation de prototypes :
La conception–validation d'un nouvel équipement passe par la validation de prototypes en laboratoire (chaudière, brûleur de four efficaces, etc.) pour cerner au mieux les paramètres influents sur la performance et améliorer celle-ci.

- Mise en application sur site pilote :
A la sortie du laboratoire, l'utilisation des équipements sur un site pilote permet de valider les pratiques d'utilisation, le rythme de production, la qualité des produits finis, la facilité d'utilisation, l'ergonomie et les performances (consommation spécifique, économie de combustible pour un même service rendu). La définition de protocoles de test permet ainsi de comparer les installations.

- Suivi et évaluation :
Le suivi des dispositifs diffusés in situ permet de relever les performances des équipements en évaluant par exemple les volumes de combustible consommés, les températures de cuisson, la facilité d'usage et la qualité finale du produit de transformation. Ce suivi s'appuie aussi bien sur la mesure de certains paramètres que sur des enquêtes de satisfaction auprès des usagers des équipements. Il permet de corriger les technologies proposées pour une adaptation à leur contexte et de meilleures performances.

- Phase de diffusion :
Cette phase intervient lorsque l'équipement a été validé in situ, et est conditionnée à une première étape de standardisation. Ceci n'implique pas pour autant la centralisation de la production, mais plutôt le respect d'un cahier des charges strict et de procédures de contrôle efficientes. Ainsi des prototypes de chaudières et des brûleurs efficaces de cuisson sont éprouvés sur les sites pilotes puis standardisés avant d'être diffusés à plus grande échelle.
L'approche d'auto-construction des équipements n'est ici pas recommandée car les performances peuvent varier et les moyens humains nécessaires pour former individuellement chaque futur utilisateur sont trop importants. L'émergence d'une ou plusieurs unités de production sera facilitée, créant ainsi un savoir-faire local chez quelques constructeurs qui maîtriseront la qualité finale de l'équipement.

Durée de projet :

Pour un projet se concentrant sur la demande énergétique (équipement et procédés de fabrication), la durée varie suivant le contexte initial et le degré de maturité de la technologie que l'on souhaite introduire. En règle générale, pour un projet de validation de nouvelle technologie, une phase pilote de 2 à 3 ans est nécessaire pour en tirer les premiers enseignements. La saisonnalité de certains procédés de fabrication, notamment agro-industriels, implique des périodes de ralenti qu'il ne faut pas négliger. Pour une phase de large diffusion avec un impact fort sur l'ensemble du secteur concerné, une dizaine d'années est la durée minimale nécessaire et la diffusion doit pouvoir s'appuyer sur des moyens conséquents.

Compétences requises :

Ce type de projet nécessite une équipe pluridisciplinaire afin de relever les différents défis :

- Technologie combustion-transfert thermique : valorisation des matériaux, valorisation des déchets de biomasse, méthodologie de test de performance, définition de plans expérimentaux et métrologie, productique ;
- Structuration de filière, approche participative, procédure de contrôle qualité, suivi diffusion ;
- Commercialisation.

Pérennisation :

Plusieurs mesures d'accompagnement faciliteront la pérennisation de l'action entreprise :

- Promotion des produits issus de l'efficacité énergétique en utilisant leur image commerciale (label spécifique, certification industrielle) ;
- Organisation de la filière par la mise en place d'associations interprofessionnelles des producteurs agricoles, des distributeurs d'équipements et des revendeurs du produit fini.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques et Sociaux

- ⬆ Création ou consolidation d'une filière de production d'équipements énergétiques performants ;
- ⬆ Plus grande autonomie énergétique par le recours aux énergies disponibles sur le territoire national;
- ⬆ Augmentation de la productivité des unités à forte efficacité énergétique, meilleure viabilité de l'unité face à l'augmentation du prix des combustibles ;
- ⬆ Effet positif sur la santé par la réduction des émissions polluantes ;
- ⬇ Risque de report sur le prix du produit fini des efforts d'investissement pour l'amélioration de l'efficacité énergétique.
- ⬇ Risque de privilégier injustement certaines PME si le transfert n'est pas rendu accessible pour tous.

Environnementaux

Cas des équipements plus efficaces et/ou à la valorisation de résidus agricoles (déchets de biomasse renouvelable) :

- ⬆ Réduction de la pollution ;
- ⬆ Diminution de la déforestation liée aux besoins accrus des PME et collectivités en bois énergie ;
- ⬆ Economie de combustibles fossiles ou issus de *biomasse non renouvelable* permettant la réduction d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) et donc la lutte contre le changement climatique.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les mesures d'amélioration des techniques de cuisson et l'introduction d'équipements performants ont un impact positif sur le changement climatique. Des projets incluant ces mesures pourront ainsi être éligibles au Mécanismes de Développement Propre et/ou au marché d'échange volontaire. Selon les mesures d'amélioration prises, des méthodologies MDP de calcul de réduction des GES existent. Nous les avons passées en revue.

Amélioration de l'efficacité d'utilisation d'une énergie fossile

Cela concerne des projets prévoyant l'introduction de dispositifs énergétiques efficaces tels que des lampes basse consommation, des néons, des réfrigérateurs, des moteurs, des ventilateurs, des climatiseurs, etc. sur de nombreux sites. Ces technologies doivent remplacer des équipements existants ou être installées dans de nouveaux sites. La méthodologie AMS II.C « Demand-side energy efficiency activities for specific technologies »[1] (activités d'efficacité énergétique mené par les consommateurs pour des technologies spécifiques) donne les méthodes de calcul de réduction des émissions.

Amélioration de l'efficacité d'utilisation d'une biomasse non renouvelable

Cela concerne les projets qui permettent une économie d'usage de biomasse dite non renouvelable. La méthodologie AMS II.G « Energy Efficiency Measures in Thermal Applications of Non-Renewable Biomass »[1] (Mesures d'efficacité énergétique dans des applications thermiques impliquant l'utilisation de biomasse non renouvelable) donne les méthodes de calcul de réduction des émissions. Cela implique l'introduction d'équipements de cuisson (foyer, fours) et de séchage fonctionnant à la biomasse énergie avec une haute efficacité énergétique.

Changement de combustibles (« fuel switch »)

Cas du remplacement d'un combustible fossile par un combustible fossile moins émetteur.

Il peut s'agir par exemple de passer du pétrole au gaz naturel qui est moins émetteur de GES pour une même quantité d'énergie produite. La méthodologie AMS III. 3 B « Switching fossil fuels » permet de calculer les réductions dans le secteur industriel, résidentiel, commercial et institutionnel ou pour la production d'électricité.

Cas de la substitution d'une énergie fossile par une énergie renouvelable.

L'énergie renouvelable peut être de type hydro, solaire mais elle peut aussi provenir de la valorisation de résidus de biomasse (balle de riz, copeaux de bois, sciure…) ou de déchets organiques (système biogaz). La méthodologie AMS I.A « Electricity generation by the user » permet de calculer la réduction d'émission de projet de production d'électricité à partir d'une source d'énergie renouvelable. Dans notre cas, cela peut s'appliquer aux agro-industries qui valorisent leurs résidus (combustion, gazéification) et récupèrent l'électricité pour leurs besoins en énergie ou pour alimenter un réseau local.

Cas du remplacement d'une biomasse non renouvelable par une énergie renouvelable.

La méthodologie AMS I.E « Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User » prévoit cette possibilité pour des usages thermiques de l'énergie. Les énergies de remplacement peuvent être l'énergie solaire ou un système biogaz.

1. Disponible sur le site de la *Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (CCNUCC, *www.unfccc.org*)

ÉTUDE DE CAS

MISE EN PLACE D'UNE FILIÈRE SUCRE DE PALME À FORTE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE AU CAMBODGE

Projet financé par : Commission Européenne, Banque Mondiale, Fondation Ensemble, Vente de crédits carbone (URVE)
Ampleur : Projet pilote de budget inférieur à 50 000 € par an
Opérateur : GERES Cambodge, www.geres-cambodia.org
Partenariat principal : *DATe* (ONG Cambodgienne), réseau national d'ONG (WENETCAM)
Partenariat technologique : Planète Bois
Date réalisation : A partir de 2000 - en cours
Nombre de bénéficiaires potentiels : 5 000 familles



Contexte

La production de sucre de palme est une activité traditionnelle en milieu rural au Cambodge.
La collecte du jus de palme a lieu au sommet des palmiers. Ce jus est très instable et devient impropre à la consommation (fermentation non contrôlée) dans les quelques heures qui suivent la récolte. Il est donc rapidement bouilli et l'évaporation des 85% de l'eau permet l'obtention d'une pâte brune qui se conserve 6 mois. Elle est commercialisée sur les marchés locaux, et est très appréciée par les consommateurs cambodgiens. Cette production est fortement menacée par un approvisionnement de plus en plus difficile en biomasse-énergie, et une qualité de produit fini irrégulière (problème de la fermentation du jus avant ébullition, présence de goût de fumée, caramélisation lors de la phase finale).
On estime à 20 000 le nombre de familles cambodgiennes produisant du sucre de palme dans tout le Cambodge ; leurs revenus sont parmi les plus faibles.
Le sucre de palme est l'une des rares activités monétarisées accessibles aux familles d'agriculteurs. De plus, elle s'adapte parfaitement au calendrier de la culture du riz, ces deux activités se succédant dans le temps sans aucune interférence.

Etape 1 : approche minimaliste et ses limites

Le projet a concentré son action sur la province de Kampong Chnang (60 km au Nord de Phnom Penh). La première étape a consisté à suivre une approche classique dans un contexte de filière informelle à faible marge brute, c'est-à-dire valider un four à très faible coût (6 à 8 euros), avec une formation à la construction et à l'entretien. Ce four n'améliorait pas la qualité de combustion mais le transfert thermique. Il a connu un certain succès dans la mesure où il permettait une économie d'environ 20% de combustible, mais sa diffusion a nécessité un lourd encadrement humain. D'autre part, sans une implication dans la commercialisation de sucre de palme de qualité, il semblait compromis de sortir cette filière d'une économie de subsistance vers une source pérenne de revenus complémentaires. Toute innovation plus importante (qualité de la combustion) est alors bloquée (trop faible capacité d'investissement). La durée de vie réduite des équipements limite la pérennisation de la dynamique. L'impact sur la déforestation est faible sans gestion de la biomasse prélevée.



Palmiers à sucre

Etape 2 : approche par la maîtrise de l'aval

Afin de viabiliser cette filière traditionnelle, un appui plus conséquent a été décidé pour l'accompagnement dans une démarche professionnelle.

- Maîtrise de la qualité finale du sucre et appui à la commercialisation

Un travail a été mené sur l'amélioration du procédé de production du sucre afin de : garantir un jus de palme non fermenté, une ébullition contrôlée (rapidité et limitation du phénomène de caramélisation), une absence de goût de fumée et enfin, un protocole pour obtenir un sucre granulé qui s'avère plus simple à commercialiser que la pâte traditionnelle.
Un effort sur la promotion d'un produit de qualité a été fourni pour trouver des marchés nationaux et régionaux porteurs viabilisant la filière. Un projet parallèle appuie aussi à la création d'un label AOC pour le sucre de palme du Cambodge.



Jus de palme en ébullition

SUITE »»

ÉTUDE DE CAS

- Conception d'un équipement plus performant
La technologie CLIP développée par Planète Bois permet l'optimisation de la combustion biomasse. Elle favorise de hautes températures de combustion limitant très fortement les particules fines et le monoxyde de carbone. Ce nouveau four présente une grande facilité d'utilisation et une stabilité de la combustion ainsi qu'un environnement de travail sécurisé sans fumée et pas d'excès de température autour du four. Le modèle le plus courant diffusé auprès des producteurs de sucre est le « Vattanak ».



Le Vattanak, four de cuisson du sucre de haute performance

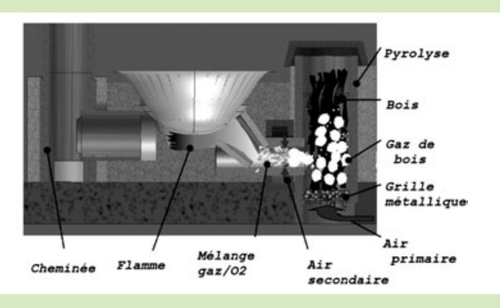


Schéma de fonctionnement du Vattanak

- Diffusion d'équipements standardisés
La construction en kits céramiques facilite une production standardisée et une diffusion maîtrisable localement. Le coût de production de ce four est de 35 € tandis qu'un four traditionnel autour de 50 €.
Le premier objectif de transférer une technologie de pointe à faible coût est déjà atteint.

- Mise en place d'une « sister company »
GERES Cambodge met en place une « sister company » pour appuyer à la commercialisation des produits efficaces en énergie. Le sucre de palme est le premier produit concerné, il s'agit d'ouvrir de nouvelles perspectives aux producteurs respectant un cahier des charges précis (utilisation de four performant, sucre de qualité, quantité minimale par an...). Le prix acheté au producteur le motive pour entrer dans ce système plus rentable pour lui. La « sister company » peut alors compenser la mise à disposition d'un four performant par le prix de vente final d'un sucre de qualité, les bénéfices servent à poursuivre la diffusion des fours et augmenter la production de sucre de qualité.

Bilan

Les objectifs de diffusion sont liés à la capacité commerciale de la « sister company ». Le produit d'appel est le four Vattanak pour de nombreux producteurs intéressés de l'acquérir. Un objectif de 1 000 fours est visé. La filière sucre de palme au Cambodge est en pleine transformation. Le projet vise à la maintenir tout en réduisant au maximum son impact environnemental.

En savoir plus

Bibliographie :

« Guide de l'entreprise de séchage de mangue au Burkina Faso » Auteurs : Rivier et al, 2006, CIRAD et partenaires.

Internet :

Site anglophone, présentation de l'introduction des fours à briques type VSBK (Vertical Shaft Brick Kiln) : www.vsbkindia.org,
Site anglophone, informations sur équipements de cuisson artisanaux : www.bioenergylists.org
Site GERES au Cambodge : www.geres-cambodia.org/.

LES PLATES-FORMES MULTIFONCTIONNELLES

> **Fiches connexes :** *Fiche 3.1 Les filières agrocarburants de proximité, Fiche 3.2 Les micro et petites centrales hydrauliques, Fiche 3.3 Les petites centrales solaires et éoliennes*

Les populations rurales des pays en développement souffrent d'un accès limité aux services de base comme l'eau, l'éclairage moderne, ou plus généralement l'électricité. L'accès à ces services est intimement lié à la disponibilité de sources d'énergie (bois, charbon) ou à leur approvisionnement plus ou moins régulier et coûteux lorsque les zones sont isolées (gasoil, gaz). Pourtant, le développement de services énergétiques appropriés est une condition essentielle non seulement à la satisfaction de certains besoins fondamentaux, mais également à la montée en puissance d'activités productives comme la transformation et la conservation des céréales, qui permettent une plus haute valeur ajoutée et sont les seules garantes d'une dynamique de développement rural à long terme.

Cependant deux aspects limitent leur développement, ou incitent à la réflexion. Le premier provient de la difficulté à conserver des services pérennes, techniquement et financièrement. Dans des milieux touchés par la pauvreté et le manque de formation, l'expérience montre qu'il est difficile de développer ce genre d'activités. Le second est la difficulté de connecter ces services à des sources d'énergie propre. Ils se révèlent donc des sources de pollution.

L'une des solutions aujourd'hui proposées consiste en l'introduction d'entreprises de services énergétiques en milieu rural, nommées Plates-formes Multifonctionnelles (PTFM). Elles permettent la centralisation d'activités de mécanisation au sein d'une seule et unique plate-forme. Ce dispositif offre une gamme complète de services énergétiques et facilite de plus une gestion optimisée de l'énergie.

Les résultats en Afrique de l'Ouest sont encourageants et incitent à la poursuite de la diffusion de ces outils. Les premiers bilans montrent néanmoins que les conditions de réussite s'appuient sur un soutien initial qui donne toute sa place à l'action de structures de type ONG.

LA PTFM, UN SERVICE ÉNERGÉTIQUE CLÉ EN ZONE RURALE

Enjeux de la mécanisation pour le développement

Les évolutions techniques en matière de mécanisation ont permis la vulgarisation des moulins de quartier en prestation de services. Cette évolution s'est limitée principalement aux grandes villes et à l'opération de mouture et dépend d'autre part le plus souvent du gasoil comme source d'énergie. Les conséquences sont de voir perdurer en zones rurales un artisanat alimentaire, fonctionnant en grande partie grâce à l'énergie humaine et nécessitant une forte intensité de main d'œuvre.



Villageoise utilisant un pilon pour broyer le karité (©PNUD)

Ainsi en zone rurale africaine, la technique la plus répandue pour transformer céréales et tubercules reste l'usage du mortier pilon. Ces tâches sont généralement effectuées par les femmes qui passent beaucoup de temps à ces opérations. Les conséquences directes de cette situation sont :

- des conditions de vie difficiles pour les femmes (jusqu'à 18 heures par jour en activité) ;
- l'immobilisation de la main d'œuvre. De ce fait, les femmes ne peuvent pratiquer davantage de maraîchage, ni les jeunes filles aller à l'école, pré-requis à une amélioration de leur situation ;
- la moindre conservation des aliments du fait d'une transformation sommaire.

Il faut ajouter que la connexion de services énergétiques à des sources d'énergie propre est rare. Les artisans sont souvent contraints d'utiliser des moteurs thermiques, robustes mais polluants.

La mise en place d'entreprises rurales PTFM, initiée par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) puis adaptée par d'autres structures, a deux objectifs. Le premier est la mécanisation des travaux pénibles réalisés par les femmes (en particulier la mouture des céréales et le transport de l'eau), le second est l'accès durable à des services énergétiques modernes (décorticage, charge de batteries, etc.).

Principes généraux des PTFM

Une plate-forme de base est constituée d'un élément fournissant une énergie motrice (moteur, groupe électrogène, connexion électrique), qui entraîne directement divers outils (moulin, décortiqueuse, chargeur de batterie, etc). Elle est conçue de manière à optimiser l'utilisation de la source d'énergie, qui fonctionne ainsi régulièrement et dans de meilleures conditions.



(©PNUD)

La source d'énergie employée en grande majorité pour le fonctionnement des PTFM est aujourd'hui le gasoil. Dans quelques cas, elle peut être couplée à une installation micro hydraulique et permet un fonctionnement « propre » de l'ensemble. Par ailleurs, on explore aujourd'hui la possibilité de remplacer l'usage du diesel par celui d'un agrocarburant qui serait disponible localement. On peut citer l'exemple de l'huile de Pourghère en Afrique qui se substitue au diesel, moyennant une conversion préalable du moteur.

Dans tous les cas, ces énergies alternatives présentent l'avantage d'éviter aux usagers d'être tributaires de l'augmentation du prix des énergies fossiles (gasoil notamment). Elles signifient également un bilan du fonctionnement des plates-formes neutre en termes d'émission de GES.

Enfin, la PTFM permet l'optimisation de l'utilisation d'énergie pour la réalisation de tâches variées, ce qui est un facteur essentiel pour la pérennité d'une installation. C'est en cela que la PTFM est souvent considérée comme une entreprise de services énergétiques en milieu rural. Ce concept constitue donc une solution technique facilement modulable et utilisant des technologies disponibles localement.

Enjeux pour des acteurs du développement

L'action des acteurs du développement s'inscrit autour de deux types d'actions :

- L'accompagnement et le soutien des porteurs du projet et des bénéficiaires :

Le concept PTFM nécessite la mise en place de cadre de concertation, d'utilisation d'outils et de formations.

- La mise en place de solutions financières :

Il s'agit de soutenir d'une part l'investissement et d'autre part le coût de la gestion quotidienne des plates-formes (maintenance). Une partie de l'achat de l'équipement peut être subventionné. Les organismes de micro crédits peuvent également être associés au financement des PTFM.

Les pouvoirs publics intègrent l'outil PTFM dans la définition des politiques d'accès à l'énergie en zones rurales.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Pré sélection d'une zone d'intervention

L'intervention vise des zones enclavées qui présentent des besoins d'amélioration de leur accès aux services énergétiques. Le choix tient compte de deux autres points :

- Les populations doivent être demandeuses de l'arrivée de ce nouvel outil.
- Elles doivent être prêtes à s'organiser en groupement (cas d'une gestion collective de la plateforme), afin d'être en mesure d'être acteur du projet, notamment les femmes qui sont les premières concernées par la réduction de la pénibilité de leurs tâches.

Analyse des besoins et viabilité économique de la PTFM

La réussite de l'opération dépend en premier lieu de facteurs économiques et sociaux. Une étude doit permettre d'analyser les besoins de différents groupes cibles dans la zone concernée. Sont-ils suffisants pour garantir un fonctionnement rentable des futurs services énergétiques à installer ? D'autre part, les facteurs socio - organisationnels sont-ils favorables à l'insertion et la pérennité de la plate-forme ?

Pour cela on peut s'appuyer sur un diagnostic participatif, appelé aussi étude de faisabilité participative (EFP). Le mot « participatif » implique une collaboration active des villageois, en priorité les futurs bénéficiaires et parties prenantes, comme par exemple les groupements féminins, dans le processus. Elle facilite la prise de décision individuelle et collective des bénéficiaires.

Cette démarche comprend quatre temps forts :

- La caractérisation sociale et économique du village : les ressources ou compétences disponibles, l'existence d'associations ;
- Le partage des principes essentiels du projet PTFM et des conditions de sa mise en place ;
- Le recoupement des observations sociales réalisées lors de la pré-étude ;
- La prise en compte des besoins du village auxquels peut répondre notamment la plate-forme.



Réunion du village lors d'une étude de faisabilité participative (©PNUD)

Dimensionnement technique de l'installation

Le moteur est l'élément central d'une plate-forme. Son bon dimensionnement permet d'assurer le fonctionnement de l'ensemble des modules. D'autre part, le principal poste de coût étant le carburant ou l'électricité, l'efficacité du moteur influencera très fortement les résultats financiers de l'exploitation. Le choix du moteur nécessite de prévoir de manière très précise le fonctionnement de l'installation, en se fixant sur une journée type si besoin est.

Appuyer la mise en place d'une PTFM

Cibles :

Collectivités, groupement de femmes
Données techniques:
La durée de vie d'une installation peut atteindre 20 ans si son entretien est correctement opéré. La puissance requise pour une petite installation est par exemple un moteur 10CV.

Maturité technologique et organisationnelle :

Une plate-forme est un assemblage de matériel dont les technologies sont maîtrisées. Il s'agit d'un moteur qui actionne différents modules comme un générateur, un moulin, une décortiqueuse.
Lorsque l'on prévoit d'alimenter le moteur de la plate-forme en agrocarburant (huile végétale pure), cela implique la conversion du moteur. (cf fiche 3.1 Les filières agrocarburant de proximité). Un travail de transfert de technologie doit alors être réalisé.
Le point délicat ne provient pas des aspects technologiques, mais davantage organisationnels. Des modèles adaptés à toutes les situations sont encore à mettre au point.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de renforcement des capacités des acteurs du projet

Cela passe par l'identification et la formation d'un gestionnaire (structure associative ou privée). Plusieurs modes de gestion sont possibles, où les propriétaires, utilisateurs, gestionnaires seront des entreprises, des associations, des coopératives ou encore des particuliers. Ce choix doit rendre compte de la situation réelle (qui a investi ? qui gère au quotidien ?).
Dans le cas d'une gestion collective, il s'agit d'appuyer la création d'un comité de gestion. Il est formé de représentants villageois (principalement des femmes) et est chargé d'organiser le fonctionnement de la plate-forme et de sa gestion financière.
Il s'agit également d'appuyer les acteurs pour opérer un choix de tarification. Ces choix financiers vont conditionner la rentabilité du projet. Le prix des services doit tenir compte à la fois du prix de fonctionnement mais également du pouvoir d'achat des habitants des zones rurales.

- Volet de formation des techniciens à l'usage et à la maintenance

Les zones cibles des projets PTFM sont les villages enclavés sans perspective d'accès à un réseau à court terme. Bien souvent, cela correspond à des populations ayant trop peu d'expérience et ou ne justifiant pas de capacité entrepreneuriale solide pour gérer d'emblée une PTFM. Il convient donc d'identifier des artisans compétents et capables de s'assurer de la maintenance du dispositif, de les former et de les accompagner pour atteindre cet objectif.

- Volet d'accompagnement des activités génératrices de revenus

La proposition de nouveaux services énergétiques permet en théorie la diversification des activités économiques des communautés. Cependant, il est important d'accompagner la création de ces nouvelles activités (savoir-faire, création de nouvelles filières de commercialisation)

- Volet de suivi du fonctionnement de la PTFM

Il est difficile de proposer un modèle immédiatement adapté à la situation. Des réajustements de tarifs, de services proposés se révèlent généralement nécessaires. Ils doivent être faits dans le cadre d'un volet de suivi qui permet de proposer des évaluations des services et des scénarios d'évolution.

Durée de projet :

Environ 3 - 5 ans. La 1ère année permet le diagnostic et l'installation, la 2ème année la mise en route et la formation. Les années suivantes consistent en un suivi dégressif.

Compétences requises :

Développement rural, animation de réunions participatives, compétences en mécanique pour le dimensionnement et la mise en place de la plate-forme.

Pérennisation, viabilité économique de la plate-forme :

Il est important d'assurer la formation continue des équipes chargées de l'entretien de la plate-forme. La présence d'artisans assurant la réparation des pièces endommagées est ainsi un gage technique de maintient de la plate-forme sur le long terme.
Si un financement extérieur s'avère nécessaire pour assurer l'implantation, voire le démarrage de l'activité, la pérennité financière de la PTFM repose sur un équilibre de l'activité, entre les recettes et les charges, qui permet d'anticiper le coût d'une panne ou le renouvellement d'un équipement. A ce titre, la possibilité de connecter la plate-forme à une source d'énergie renouvelable est un moyen de contrôler les coûts énergétiques (en comparaison d'un scénario gasoil) et d'améliorer la viabilité financière de l'ensemble.

Impact positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆Création de revenus supplémentaires pour les membres du comité de gestion ou du gestionnaire privé. Plus-value supplémentaire pour les agriculteurs qui transforment et obtiennent des produits de plus longue conservation.
- ⬇Concurrence de la plate-forme avec des services de transformation existants (moulins de décorticage, battage, etc.).

Sociaux

- ⬆ Création d'emplois à travers l'utilisation de la plate-forme (au moins un gestionnaire et un technicien, un meunier/une meunière), pérennisation d'une activité agricole (en améliorant les ventes) ;
- ⬆ Amélioration des conditions de vie des femmes (substitution de travaux pénibles) et de la scolarité des jeunes filles (libérées de certaines tâches) ;
- ⬆ Développement de nouveaux services énergétiques répondant à des besoins vitaux (adduction d'eau potable, éclairage des écoles, centres d'alphabétisation et centres de santé) ;
- ⬇ Risque de conflits entre les groupes du village, en cas de non reconnaissance du comité de gestion, ou suite au choix de l'emplacement de la plate-forme.

Environnementaux

- ⬆ Meilleure efficience énergétique par l'utilisation de sources énergétiques à leur optimum ;
- ⬆ ⬇ Effet d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) en cas de fonctionnement de la PTFM à partir d'un groupe électrogène au gasoil. Effet neutre si le groupe fonctionne aux agrocarburants.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Une plate-forme multifonctionnelle fonctionne dans la majorité des cas grâce à une énergie fossile (groupe électrogène fonctionnant au gasoil, moteur fonctionnant au gasoil). Lorsqu'elle se substitue à un travail manuel, elle a un impact d'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
Pourtant, la mise en place de services énergétiques minimums dans les zones rurales les plus pauvres est un facteur de développement humain essentiel. Cet exemple nous montre que le « droit au développement » des pays du Sud induit ici le recours à des énergies fossile et que cela prime sur l'argument de lutte contre le changement climatique.

N'oublions pas cependant qu'une plate-forme permet une rationalisation de l'utilisation de l'énergie. Lorsqu'elle vient par exemple en remplacement de moulins individuels. On peut alors considérer que pour un même service rendu, elle représente un coût énergétique réduit et donc une réduction d'émission de GES.

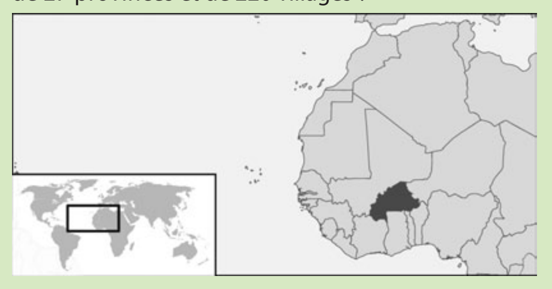
D'autre part, comme cela a déjà été mentionné précédemment, le recours à des filières énergies propres pour alimenter ces plates-formes est de plus en plus fréquent. Il s'agit principalement de l'hydro électricité et des agrocarburants. Le développement d'un système associé filière énergie propre - PTMF peut en effet se révéler particulièrement pertinent et montrer des complémentarités tout à fait intéressantes.

Ainsi, coupler la création d'une entreprise PTFM à l'installation une micro-centrale hydraulique garantit l'utilisation régulière de l'énergie produite et une rentabilisation de l'installation hydro. (cf Fiche 3.2 Les micro et petites centrales hydrauliques)
De même, la PTFM peut être partie intégrante d'une production d'un agrocarburant tel que l'huile de jatropha curcas (cf fiche 3.1 Les filières agrocarburant de proximité). On intègre un module permettant la presse des graines et l'extraction de l'huile dans les équipements de la PTFM.
Ces deux options d'approvisionnement énergétique présentent un bilan nul en terme d'émission de gaz à effet de serre et favorisent un système économiquement indépendant de l'augmentation du coût des énergies fossiles.

ÉTUDE DE CAS

PROGRAMME NATIONAL DE DIFFUSION DE PLATES-FORMES MULTIFONCTIONNELLES AU BURKINA FASO

Projet financé par : La République du Mali, Aarhus United, Coopération Luxembourgeoise, Fondation Bill & Melinda Gates, Fondation Shell, PNUD.
Ampleur : Projet de grande ampleur avec un budget compris entre 200 000 et 1 000 000 euros par an
Opérateur : Association Tin Tua, Fédération Nationale des Groupements Naam, Groupement de 2 ONG : ADIS/AMUS, OCADES
Partenariat : Ministère de l'Economie et des Finances
Date réalisation : En cours de réalisation depuis 2004
Zone de projet : 7 régions sont couvertes par le projet (Boucle du Mouhoun, Centre Est, Est, Centre Ouest, Hauts Bassins, Cascades, Nord) soit un total de 27 provinces et de 220 villages[1].



Contexte

Le Burkina Faso est un pays sahélien au cœur de l'Afrique de l'Ouest avec une population d'environ 13 730 000 habitants dont 80 % vivant en milieu rural. Il a connu ces dernières années des progrès appréciables mais la majorité de la population demeure toujours dans une situation de pauvreté alarmante. Dans la mise en œuvre des axes prioritaires du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) mis en œuvre par le gouvernement, un programme pilote PTFM a été mis en place à l'Est du pays en 2000.

Activités mises en œuvre par le projet

- Mise en place d'équipements dans des sites cibles ;
- Accompagnement pour le développement d'activités économiques autour des PTFM notamment le développement de services locaux comme l'activité de soudure, la charge de batteries et de téléphones portables, la réfrigération, l'éclairage, etc. ;
- un renforcement des capacités des femmes dans les domaines de l'alphabétisation et de la gestion de l'entreprise PTFM.

Bilan

Au stade actuel de la diffusion des PTFM, on comptabilise 7 régions ayant bénéficié du programme, 5 cellules d'appui conseils opérationnelles au sein d'ONG, 220 PTFM installées, 7 réseaux d'éclairage en cours de réalisation, 1 réseau d'eau opérationnel.
Il ressort des différentes analyses que le bilan est positif sur les plans économique et social. On remarque que les activités génératrices de revenus menées par les femmes améliorent nettement les conditions de vies des ménages.

En savoir plus

Bibliographie :

« Des moulins pas comme les autres », Souleymane Ouattara - PNUD, 2007.
« Guide pratique de gestion de la plate-forme », PNUD, 2002.
« Rapport final de la revue des PTF du Mali », Projet PTFM Mali, 2006.
« Expanding access to modern energy services, Lessons from community-based energy initiatives », PNUD, 2006.

Internet :

Site du réseau plate-forme du PNUD : *http://www.ptfm.net*
Site du RIAED - Réseau International d'Accès aux Energies Durables : *http://www.riaed.net/*
Site de ENERGIA : *http://www.energia.org/*
Site de l'accès aux services énergétiques en Afrique de l'Ouest : *www.energie-omd.org*

1. A date de publication de l'ouvrage

SECTION 4

VALORISATION DES DÉCHETS ET DES RÉSIDUS

Les procédés de valorisation des déchets (toute matière solide dont le détenteur se débarrasse) et des résidus (appelés aussi « sous-produits ») d'activités humaines sont plus ou moins lourds, coûteux et difficiles à mettre en place pour les pays du Sud. La valorisation comprend le recyclage, le réemploi et la récupération ainsi que toutes les actions permettant d'obtenir des matériaux réutilisables et/ou de l'énergie. Elle permet la mise en place de filières génératrices d'emplois et de revenus et le réapprovisionnement en matières premières rares ou chères.

LES ENJEUX POUR LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Différence entre déchets et résidus

De façon générale, dans les Pays en Développement (PED) la plupart des résidus sont recyclés et valorisés pour de nouvelles applications. Ceci est particulièrement observable pour les résidus de *biomasse* qui sont, selon leur nature, réutilisés à des fins énergétiques (chaleur ou électricité) ou agronomiques (engrais, compost, aliments pour animaux), donc profitables. C'est le cas des résidus agricoles, par exemple la balle de riz (issue du décorticage du riz), les spathes de maïs, ou encore les déchets de bois (copeaux, sciures), les coques de noix de coco...

Globalement, il est important de retenir que les déchets/résidus sont rarement d'accès gratuit. Ils ont une valeur économique car leur récupération est soumise à des coûts directs ou indirects.

Enfin, le terme de « déchet » porte une connotation « définitive », la matière ayant atteint son stade ultime d'utilisation, elle n'a plus de valeur. Il est plus souvent employé pour les résidus urbains, plus ou moins souillés, ou les résidus de transformation pollués ou dangereux.

Distinction entre valorisation, recyclage et élimination

La notion de valorisation renvoie à une idée de transformation sans qu'il y ait nécessairement conservation de la matière, tout du moins sous sa forme initiale. Par exemple, la balle de riz est généralement utilisée comme combustible dans des foyers ou des fours de cuisson pour produire de l'énergie thermique.

La notion de recyclage induit une idée de transformation avec conservation de tout ou partie de la matière du produit initial, devenu déchet après utilisation, pour en faire un nouveau produit, identique ou non. Par exemple, certains emballages plastiques sont collectés

et retransformés dans une usine en « matière première secondaire » pour la fabrication d'autres produits plastiques. Dans certains PED, les pneus automobiles sont soigneusement découpés en morceaux servant à faire des sandales. D'autres déchets sont souvent simplement réutilisés, notamment les bouteilles en verre ou en plastique.

Dans cet ouvrage, on présentera essentiellement des opérations de valorisation plutôt que de recyclage.

Enfin, lorsqu'aucune valorisation ou le recyclage ne sont possibles, on procède à l'élimination.par incinération ou par enfouissement. Le brûlage, plus ou moins à ciel ouvert, très répandu en PED, ne constitue pas un procédé maîtrisé d'incinération car c'est une combustion partielle, non confinée, très dommageable pour l'environnement et la santé. De même, l'enfouissement des déchets dans les PED ne respecte pas les règles permettant d'éviter la pollution des eaux, des sols et de l'atmosphère par la libération de *lixiviat* et par des dégagements gazeux toxiques.

Entre coûts de traitement et valorisations possibles

L'accès limité aux technologies et aux savoir-faire, le manque de gros investisseurs privés et l'absence de législation, sont autant de barrières pour les PED pour le traitement approprié des déchets. De façon générale, la valorisation est coûteuse et se justifie économiquement dès lors permet la réduction des coûts, un profit financier ou est induite par une volonté institutionnelle.

Les deux filières de valorisation des résidus de biomasse (énergétique et agronomique) sont complémentaires et répondent à des contextes et des besoins différents. Les déchets constituent un gisement d'énergie considérable, qui aujourd'hui encore est souvent sous-estimé, et suscite un intérêt accru dans le contexte de recherche de diversification des sources d'énergie.

Impacts environnemental et sanitaire

La notion de renouvelabilité des déchets, sous-entendue à l'échelle temporelle humaine, à également son importance.

Ainsi un déchet dont la composition est issu de ressources non renouvelables (plastiques, métaux,...) porte en lui-même une double empreinte environnementale puisque d'une part il consomme des ressources naturelles qui ne seront pas régénérées (énergies fossiles, métaux,...), et d'autre part il a un pouvoir potentiellement élevé de pollution des sols et/ou de l'atmosphère lorsqu'il passe à l'état de déchet. Evidemment la valorisation, notamment par recyclage, de tels déchets coûte cher.

Au contraire un déchet dont la composition est totalement issue de ressources naturelles renouvelables (la biomasse gérée durablement) aura une empreinte environnementale mineure puisque ses composants chimiques seront réabsorbés et régénérés dans les cycles naturels sous forme de nouvelles ressources renouvelables. La valorisation de ce type de déchet peut se faire à moindre coût.

La gestion des déchets représente donc un enjeu environnemental et sanitaire de taille pour les PED. Ainsi, l'exploitation non maîtrisée d'un site d'enfouissement, se résumant dans la plupart des cas à une décharge à ciel ouvert, induit la pollution des sols, de l'air, des eaux environnants. La combustion partielle des déchets à l'air libre, comme c'est souvent le cas dans les PED, induit également un risque sanitaire dû aux émissions massives de fumées composées de gaz polluants et de toxines.

LE RÔLE DES ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT

La gestion des déchets en PED est chaotique, parfois inexistante. Lorsqu'il existe une ou plusieurs filières de valorisation/recyclage régionale (pays limitrophes inclus), la gestion des déchets concernés s'organise car elle est motivée par l'intérêt économique au regard du coût des matières premières. Ainsi, les déchets de type métallique, verre, papier/carton et certains plastiques sont généralement recyclés de manière efficace. Cependant à l'exception de ces quelques déchets, le manque de gestion globale est le frein majeur à la valorisation de résidus de la biomasse. Pourtant il est évident que la valorisation de la majorité des déchets représente un potentiel économique important, surtout à l'échelle d'un pays entier. De plus, la raréfaction des ressources naturelles justifie de plus en plus la mise en place d'une gestion des déchets efficace.

La législation est un outil indispensable pour donner un cadre organisé à l'ensemble des filières et en tirer le meilleur profit pour les populations des PED. Le cadre informel actuel étant souvent régi par une logique uniquement économique et rarement avec une vision de long terme.

En sus d'un cadre légal, l'intervention des pouvoirs publics et des acteurs du développement est nécessaire autour des actions suivantes :

- Evaluer le gisement potentiel de déchets disponibles et/ou accessibles.
- Appuyer une réflexion sur la pertinence de la mise en place de filières de valorisation de déchets, des filières ayant une vocation énergétique et ou agronomique.
- Procéder à un transfert de technologie et/ou de savoir-faire pour la valorisation et l'élimination des déchets.
- Permettre la capitalisation sur les thématiques de valorisation, recyclage et élimination des déchets.

L'ouvrage présentera 3 types d'opérations parmi d'autres que les opérateurs de développement peuvent mettre en place sur cette thématique :

Fiche 4.1 La production de briquettes de charbon à partir de résidus agricoles
Fiche 4.2 Le compostage de résidus organiques
Fiche 4.3 Le système biogaz familial

LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Lorsque les résidus organiques sont en décomposition, en conditions anaérobies (sans oxygène), ils entrent en processus de fermentation et génèrent du biogaz, effluent gazeux contenant essentiellement du méthane ou CH4. Le méthane a un *pouvoir de réchauffement global* (PRG) 23 fois supérieur à celui du CO_2. Ainsi la décharge d'une grande ville à ciel ouvert ne faisant pas l'objet de traitement spécifique est fortement émettrice de méthane.

Il existe des technologies de valorisation du biogaz qui permettent de récupérer le méthane et de produire de la chaleur ou de l'électricité.

De façon générale, la valorisation des déchets est bénéfique pour le réchauffement climatique puisqu'elle réduit l'utilisation de matières premières et donc proportionnellement les quantités d'énergie, généralement fossile, nécessaires à leur exploitation, pour la production de biens matériels ou de services (recyclage des métaux, du plastique par exemple).

Il en est de même pour la valorisation énergétique des résidus de biomasse. Ainsi, en se substituant à des combustibles d'origine fossile (pétrole, charbon, gaz,...) ou à de la biomasse non renouvelable (bois issu de déforestation par exemple), les combustibles fabriqués à partir de résidus de biomasse ne vont émettre au cours de leur combustion que la quantité de CO_2 stockée en leur sein, qui sera réabsorbée par la biomasse en cours de croissance.

Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles

> Fiches connexes : *Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible, Fiche 3.4 Les besoins thermiques des PME et des collectivités.*

Dans le monde, 2,4 milliards de personnes utilisent quotidiennement le bois de feu qui représente 70 à 90 % de l'énergie primaire consommée en Afrique Sub-saharienne par exemple. Dans les zones rurales, où il est prélevé sur des écosystèmes souvent fragiles, le bois de feu est le plus souvent gratuit ou peu coûteux alors que le charbon de bois se vend principalement dans les villes. Le processus de charbonnage, de même que la collecte de bois, souvent organisés de manière informelle et peu contrôlée par les autorités, menacent les ressources forestières, les écosystèmes et accélèrent la désertification de certaines zones.

Or les déchets et résidus agricoles représentent des volumes importants, notamment dans les pays du Sud. Ils recèlent un potentiel énergétique considérable, largement sous-utilisé et peuvent se substituer aux combustibles traditionnels sous la forme de briquettes aux propriétés proches de celles du charbon de bois. La fabrication de ces briquettes permet un recyclage des résidus par la fabrication d'un combustible durable.

Cependant, la diffusion des briquettes dans les zones les mieux fournies en ressources forestières reste difficile car le coût de production du charbon de bois (avant transport) y est souvent à son plus bas niveau. Les briquettes sont donc principalement compétitives dans les régions où le bois se fait rare et où leur utilisation peut effectivement contribuer à lutter contre la déforestation.

En venant en remplacement de combustibles dits non renouvelables (charbon issu de la déforestation par exemple), leur production et leur utilisation permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc de lutter contre le changement climatique.

LA PRODUCTION D'ÉNERGIE À PARTIR DE DÉCHETS AGRICOLES

Des résidus agricoles à la production de briquettes

Les résidus agricoles sont très abondants, on estime leur volume total mondial à 4 milliards de tonnes par an[1]. Plusieurs cultures tropicales sont ainsi pourvoyeuses de résidus. Le riz fournit de la paille lors de la récolte puis de la balle (résidus d'enveloppe du grain de paddy). La canne à sucre fournit de la bagasse, résidu issu de l'extraction du sucre. Les tiges de coton, de mil et de sorgho constituent également des sources de biomasse importantes, principalement en Afrique. Les usages traditionnels de ces détritus sont principalement l'apport d'aliments pour le bétail, l'artisanat, la fertilisation des sols.

A condition de ne pas entrer en compétition avec ces usages, la fabrication de briquettes offre donc une alternative, dans les zones de pénurie, pour couvrir les besoins énergétiques locaux ou réduire une partie des dépenses d'approvisionnement en combustible. Elle permet de réduire la pression exercée par la collecte du bois et le charbonnage sur les zones forestières ou arborées.

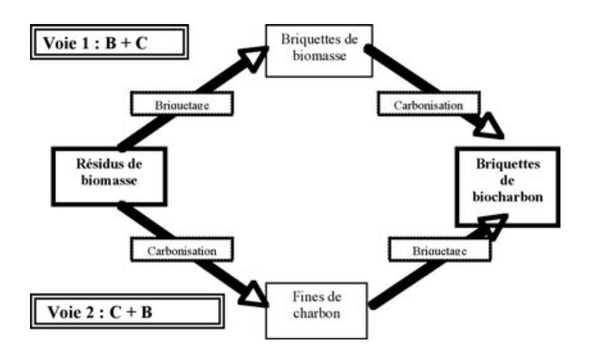
La fabrication de briquette consiste en la compression/agglomération ou densification des résidus sous forme de briquettes. Ces opérations lui donnent la consistance du bois ou du charbon de bois. Cette cohésion peut s'obtenir par adjonction d'un liant (amidon, gomme arabique, argile, etc.) puis compression ou par fusion de la lignine des résidus sous l'effet de la chaleur lors de la densification.

Procédés de fabrication

Briquetage et carbonisation

Du fait de leur faible densité énergétique et de leur texture, il est intéressant pour la plupart des résidus d'être transformés en briquette de charbon. Pour leur obtention, deux voies sont envisageables, suivant que la carbonisation des résidus s'effectue avant une compression/agglomération ou après une densification :

1. « Potentiel des résidus de cultures tropicales des 15 plus grands pays producteurs en 2003 » Gilles Vaitilingom (CIRAD)



Voie 1 : Briquetage puis Carbonisation (B + C)
Les résidus sont d'abord densifiés et les briquettes obtenues sont ensuite carbonisées dans des fours de type classique. Cette voie présente l'avantage que les briquettes de biomasse densifiée (avant carbonisation) peuvent être facilement stockées ; elles peuvent aussi être utilisées directement comme combustibles. Cependant, la densification de la biomasse brute nécessite de fortes pressions qui engendrent une usure des pièces, avec de fortes consommations d'énergie.

Voie 2 : Carbonisation puis Briquetage (C + B)
Les résidus sont d'abord carbonisés en donnant des « fines » qui sont ensuite compressées ou agglomérées, après adjonction d'un liant. Le procédé de compression et/ou agglomération nécessite alors des pressions et températures moins élevés du fait des caractéristiques de la matière entrante, ce qui réduit les dépenses énergétiques. Cependant, les équipements pour la carbonisation à petite échelle sont encore largement expérimentaux et l'agglomération des fines nécessite un liant, plus ou moins coûteux.

Globalement, et plus particulièrement pour la voie B+C, les équipements nécessaires au procédé de transformation, dans le cas d'une production moyenne ou grande échelle, sont coûteux. De plus, et ce indépendamment de la voie choisie, l'étape de carbonisation est délicate et à faible rendement.

Commercialement, les briquettes intéressent de gros consommateurs dans les villes (collectivités, restaurants, ateliers artisanaux) ou de petites industries (distilleries, briqueteries, etc.) dont les systèmes de chauffe neutralisent les inconvénients des briquettes (fours en continu, cheminées, etc.).

Equipements de fabrication

Le choix de l'équipement dépend de critères socio-économiques liés au niveau de production et aux utilisateurs finaux (foyers, entreprises de transformation) visés.

On trouve ainsi :
- Du matériel de moyenne à haute technologie pour une production semi-industrielle à industrielle de combustibles à coût modique.
  Ainsi, on a recours à des presses semi-industrielles dont les capacités de production se situent entre 300 et 1 500 kg par heure.
- Du matériel basique, robuste, peu coûteux pour une production de type artisanal à destination du marché local ou de l'autoconsommation en milieu rural.

Souvent fabriqués à partir de tôles de récupération, les carbonisateurs sont destinés à une production décentralisée au niveau des villages, à proximité des résidus collectés par les paysans. Leurs capacités de production sont limitées mais adaptées aux besoins du monde rural.

Enjeux pour les acteurs de développement

Les opérateurs de développement (ONG, agences techniques de coopération, etc.) doivent permettre l'accompagnement du projet de briquetage à tous les stades de sa mise en œuvre : diagnostic de faisabilité, choix des équipements, appui au financement, formation des opérateurs, suivi de la diffusion avec un soutien prolongé pour la vulgarisation.

Les pouvoirs publics, notamment dans les PED non producteurs de pétrole, développent des programmes, souvent régionaux, de promotion des énergies renouvelables. Les mesures de soutien restent en effet indispensables pour consolider les filières de valorisation énergétique des déchets agricoles, jusqu'à ce qu'elles puissent s'imposer en devenant compétitives sur le marché des combustibles domestiques. De plus, les politiques publiques mettent l'accent sur la nécessité de préserver les espaces naturels en les exploitant sur une base durable et en diversifiant les activités. Le briquetage des résidus agricoles, pour produire un combustible de substitution au charbon de bois, répond à ces deux objectifs.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Gisements de résidus et compétitions d'usage

L'inventaire et la quantification des gisements de résidus de la zone et leur utilisation actuelle est la première étape. Il s'agit d'évaluer correctement la disponibilité réelle des résidus en tenant compte de leur utilisation au sein de la zone étudiée. En effet, les résidus agricoles ont d'autres usages comme la fertilisation des sols, le paillage, la protection du vent (formation de brise-vents) qui favorisent la fixation des sols et la régénération du couvert végétal. Ainsi, les tiges de mil et de sorgho représentent un potentiel considérable : un hectare de mil produit 1 à 3 tonnes de tiges. Il en va de même pour le cotonnier, à raison de 4 à 5 tonnes de tiges par hectare. Cependant, les tiges de mil sont également utilisées par les populations comme aliments pour le bétail ou engrais pour le sol, pour la fabrication de vanneries. Elles constituent de plus un combustible d'appoint dans les zones les plus déboisées. La disponibilité doit donc anticiper le risque de compétition entre les différents usages d'un résidu.

Faisabilité économique

Une étude économique permettra de déterminer le prix de revient et de commercialisation des briquettes pour assurer la viabilité économique de la production. Elle s'intéressera particulièrement aux postes de dépenses suivants :

- Les coûts de collecte, de transport et de stockage de la matière première (compte tenu de la saisonnalité des récoltes) et un éventuel prétraitement des résidus (séchage, broyage) ;
- Les coûts d'investissement puis d'exploitation de l'équipement de fabrication des briquettes : énergie, main d'œuvre, transport, maintenance, coût du liant pour l'agglomération, etc. ;
- Les frais de commercialisation.

Une étude complémentaire devra décrire l'organisation du marché local de combustibles (degré de pénurie et niveaux de prix, clientèles potentielles). Elle s'intéressera à la pénurie effective de bois de feu dans la région : est-il aussi rare et coûteux qu'on le dit ? Elle évaluera également l'acceptabilité des briquettes en tant que nouveau combustible auprès des futurs usagers, souvent moins apprécié que le charbon de bois. En fonction de ces résultats elle permettra d'élaborer une stratégie de commercialisation.

Dimensionnement de l'unité de production

Le volume de production envisagé et la qualité du combustible souhaité détermineront largement le choix des équipements. De ce choix initial découleront le montant des investissements, le niveau de technicité requis et les besoins en formation et en appui extérieurs. Le choix final d'équipements dépend également du degré de maturité technologique recherché, de la disponibilité commerciale, des références et performances vérifiées in situ, des coûts d'exploitation et de maintenance.

Appuyer la mise en place d'une production de briquettes

Echelle projet et cibles

Le contexte énergétique local et l'échelle du projet déterminent différents contextes et cibles potentiels, qui sont :

- Des foyers ruraux dans le cadre d'un projet d'autoproduction en milieu rural ;
- Des groupements de femmes ou des organisations paysannes dans le cadre d'un projet de complément d'activité, à vocation commerciale ;
- Des Petites et Moyennes Entreprises (PME) ou des associations coopératives pour un projet de création d'entreprise ou d'une structure coopérative de production de briquettes, visant une commercialisation principalement en ville.

Maturité technologique

Les matériels de densification sont éprouvés et peuvent faire état de références vérifiables. La situation est plus contrastée au niveau des équipements de carbonisation. Tandis que les carbonisateurs artisanaux les plus sommaires (fabriqués localement) se révèlent opérationnels, le matériel semi-industriel, pour des volumes de production plus élevés, reste encore très largement expérimental, avec peu de recul sur un fonctionnement prolongé. De nombreux échecs ont été enregistrés faute d'une maitrise technique des équipements (fiabilité du matériel et formation des opérateurs).

Performances

Le pouvoir calorifique de la briquette varie beaucoup en fonction de sa teneur en carbone et du dosage du liant (combustible ou non) : il est en général moins élevé que celui du charbon de bois, lequel se situe entre 27,2 et 33,4 MJ/kg. Il faut donc davantage de briquettes pour une même cuisson, d'où une surconsommation de 20 à 50 %. Par ailleurs, la conduite du feu est plus délicate (allumage plus difficile, dégagement de fumées, cendres plus abondantes). Il résulte de ces inconvénients que leur prix de vente, pour être attractif, doit être sensiblement inférieur à celui du charbon de bois. Pour les gros consommateurs potentiellement intéressés comme les collectivités, les restaurants, les ateliers artisanaux, les petites industries, il faut être en mesure d'assurer un approvisionnement régulier.

Volets d'accompagnement projet

- Volet de structuration de la collecte des déchets agricoles

Cette collecte est stratégique. La justification d'un projet repose en effet sur l'idée que les résidus sont en accès quasi gratuit, et en quantité permettant d'alimenter une chaine de production. Leur collecte doit être peu coûteuse en temps et en argent, elle doit également être pérenne. La structuration et la sécurisation de la filière de collecte sont donc primordiales.

Divers dispositifs sont envisageables pour contrôler le coût de la collecte :

- Limiter le rayon de ramassage ou organiser une précollecte au niveau de quelques villages ;
- Réduire le volume à collecter par l'utilisation de broyeurs, de fagoteuses, de presses à balles. Une solution alternative consiste à carboniser les déchets dans les villages : les fines produites sont ensuite collectées par un opérateur qui se charge de les agglomérer.

La sécurisation de la filière peut s'appuyer sur des accords passés avec les agriculteurs dans la durée. Ils portent principalement sur les prix et sur les volumes de résidus à fournir.

- Volet d'appui à l'installation de l'unité, exploitation, maintenance

Après le choix d'un équipement adapté, il s'agit de monter cet équipement et de procéder à différentes phases expérimentales de fabrication de briquettes pour tester la qualité de la matière première, pour l'ajustement de l'unité et les réglages habituels d'un procédé de fabrication. Il s'agit en parallèle pour le pro-

jet de former une équipe chargée de l'exploitation et de la maintenance du matériel. La pérennisation d'une telle unité peut être permise par la création d'une PME locale assurant la fabrication et la commercialisation des briquettes.

- Volet commercialisation
La diffusion des briquettes doit s'appuyer dans la mesure du possible sur un réseau de distribution existant. Dans le cas où cela n'est pas possible, elle doit développer une stratégie de commercialisation et de vulgarisation s'appuyant sur de la publicité, des campagnes dans les médias, de la sensibilisation des usagers (foyers, secteur privé, etc.). La démarche commerciale devra trouver un équilibre entre une diffusion auprès d'importants clients potentiels (artisans, restaurants, collectivités) sur la base d'un approvisionnement régulier et la diffusion dans des réseaux de distribution traditionnels.

- Volet suivi
Un suivi est indispensable, d'abord technique pour la mise en service du matériel et de sa maintenance puis socio-économique en phase de commercialisation des briquettes.

Durée projet

Elle varie suivant le niveau de technicité et suivant le volume de production visé. La durée minimale de projet est de 1 à 2 ans pour une production manuelle décentralisée au niveau d'un village et de 2 à 4 ans pour l'implantation d'un atelier artisanal et d'un réseau de distribution.

Compétences requises

Procédés de fabrication artisanaux ou semi industriels selon le cas, suivi qualité, développement rural, mobilisation sociale, commercialisation.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ La valorisation de résidus non utilisés génère des revenus et permet la création d'emplois ;
- ⬆ Possibilité de couvrir les coûts de recyclage des déchets ou d'élimination de plantes invasives (comme le Typha) par la production et la vente de briquettes ;
- ⬆⬇ La compétitivité des briquettes reste souvent problématique. En zone rurale, le bois énergie est abondant et donc gratuit ou peu coûteux. L'incitation à l'achat de briquettes est aujourd'hui plus importante en zone urbaine où le charbon de bois est toujours payant. La raréfaction de la biomasse récemment observable dans des pays soumis à la désertification ou à la déforestation pourrait rendre les briquettes plus attractives ;
- ⬇ A ce jour, beaucoup d'échecs commerciaux ont été enregistrés et la plupart des ateliers de briquetage encore en activité ne peuvent se maintenir qu'avec l'aide de subventions des pouvoirs publics ou des projets de développement.

Sociaux

- ⬆ Dans les régions où le bois se fait rare, le combustible de substitution peut alléger les corvées de ramassage du bois qui pèsent sur les femmes ;
- ⬆ Quand des associations de femmes prennent en charge ou accompagnent l'opération, cette activité, parmi d'autres, peut consolider leur position dans la communauté ;
- ⬇ Risque de rencontrer des problèmes dans l'acceptabilité du produit, compte tenu de ses inconvénients.

Environnementaux

- ⬆ En se substituant au charbon de bois, la briquette épargne le couvert forestier et contribue ainsi à lutter contre le changement climatique ;
- ⬆⬇ Risque de compétition entre la production de briquettes et les usages traditionnels des déchets pour la protection des sols etc.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

La valorisation énergétique de déchets/résidus de biomasse va dans le sens de la réduction du réchauffement climatique. En se substituant à des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz,...) ou à une *biomasse non renouvelable* (bois issu de déforestation), les combustibles fabriqués à partir de déchets/résidus de biomasse dite "renouvelable" ne vont émettre au cours de leur combustion que la quantité de CO_2 stockée en leur sein, ainsi réabsorbé par leurs homologues en cours de croissance.

Par ailleurs, tous déchets/résidus organiques en décomposition génèrent des émissions de méthane (CH4), gaz ayant un pouvoir de réchauffement climatique 23 fois supérieur à celui du CO_2 ; ainsi si une telle décomposition a lieu en milieu ouvert, elle aura un impact négatif sur le réchauffement climatique. Cependant il existe des technologies de valorisation de CH4 (Cf. Fiche 4.3 Le système biogaz familial).

Illustration : Charbon vert au Sénégal

Opérateur : Pro Natura International
Statut projet : Marché d'échange volontaire
Type de crédit carbone : URVE
Source d'information :
www.pronatura.org, www.actioncarbone.org

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Le projet vise la production de briquettes de charbon qui viendront en substitution d'un combustible de type biomasse non renouvelable, donc émettrice de CO_2.

Le procédé utilisé est celui de la carbonisation de résidus en continu grâce à un l'équipement Pyro-6F, où le dioxyde de carbone (CO_2) est recyclé et les gaz de pyrolyse toxiques brûlés et utilisés comme source d'énergie. La production et l'utilisation du charbon vert est donc neutre en terme d'émissions de gaz à effet de serre.

Ordre de grandeur

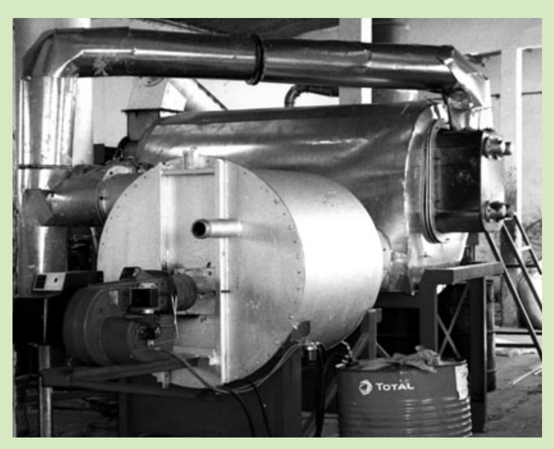
Les réductions permises sont d'environ 3,7 t CO_2 équivalent par tonne de briquettes.

ÉTUDE DE CAS

CHARBON VERT AU SÉNÉGAL

Projet financé par : *ADEME*, Union Européenne, Conseil Régional Ile de France
Ampleur : Projet de moyenne ampleur de budget annuel compris entre 50 et 200 000 €/an
Opérateur : Pro Natura International, www.pronatura.org
Partenariat : Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du Fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Faleme (SAED), Fédération des Femmes Productrices du Delta (FEPRODES)
Date réalisation : Depuis 1995
Bénéficiaires : Habitants du delta du fleuve Sénégal





Carbonisateur Pyro-6 (©Roland Louvel)



Briquettes de balles de riz (©Roland Louvel)

Contexte

Le recours massif au bois est une cause majeure de la déforestation en Afrique sahélienne, entraînant sécheresse, désertification. Au Sénégal, ce sont 30 000 hectares de couvert forestier qui disparaissent chaque année du seul fait de la production de charbon de bois. Les distances parcourues et le temps de collecte passé pénalisent principalement le développement des femmes. Enfin, l'achat de charbon de bois représente une dépense de plus en plus conséquente pour les ménages. La diversification de la source de biomasse énergie est une des pistes pour réduire l'impact humain et environnemental de la collecte du bois. La principale activité économique de la région est la riziculture et il y a une usine de décorticage à Ross Béthio.

Activités mises en œuvre et bilan

Ce projet consiste à récupérer des résidus agricoles (balle de riz) ou de la biomasse renouvelable (espèce invasive comme le typha) qu'on ne peut pas valoriser autrement et de les transformer en briquettes de charbon vert qu'on utilise de la même manière que le charbon de bois.

Le carbonisateur développé par Pro Natura et expérimenté au Sénégal, permet de carboniser en continu la balle de riz et le broyat de roseau Typha, à raison de 100 à 150 kg/heure suivant le résidu. Le briquetage, après adjonction d'un liant, est actuellement manuel mais sera mécanisé, avec une faible motorisation, afin d'accélérer la cadence. Le poids du charbon par rapport au poids de la biomasse brute atteint plus de 30 %, contre 15 à 20 % pour le charbon de bois.

Le coût d'acquisition du carbonisateur Pyro-6 F est d'environ 200 000 €. La balle de riz est gratuite pour l'instant et le Typha, rendu livré dans l'atelier, s'achète à 0,01 € / kg. Le coût de revient serait de 0,08 € / kg pour la briquette fabriquée à partir de la balle de riz et de 0,12 € / kg pour le Typha. Le prix de vente sortie usine devrait être de 0.16 €/kg, ce qui rend la briquette compétitive dans la région de St Louis du Sénégal où le charbon de bois coûte de 0,30 à 0,38 € / kg.

Un groupement féminin assure la gestion de l'atelier et se chargera de la commercialisation des briquettes à travers le réseau de ses adhérentes. A ce stade, il est encore difficile d'évaluer les capacités réelles de gestion de cette ONG sur le long terme, ni de prévoir quelle pourrait être la progression des ventes sur le marché.

En savoir plus

Bibliographie :

« Guide Biomasse Energie » Yves Schenkel, Boufeldja Benabdallah, OIE / IEPF, 2005 (2e Edition)
« Mise en briquettes des déchets végétaux » - Guide des technologies, Schenkel Y., Chotard P., 1993
« La densification des résidus végétaux », Fiche technique ABF, Roland Louvel, 1986
« Valorisation énergétique de la biomasse agricole et préservation des ressources naturelles au Soudan », A. El Hassan, G.Vaitilingom, Liaison Energie-Francophonie n° 47 – 2e tr. 2000
« Valorisation énergétique du Typha », PERACOD/ GTZ (Sénégal), 2005
« A Review of Selected Biomass Energy Technologies : Gasification, Combustion, Carbonization and Densification », S.C. Bhattacharya, P. Abdul Salam, AIT/RERIC Bangkok, 2006
« Technology Packages: screw-press briquetting machines and briquette-fired stoves », S.C. Bhattacharya, S. Kumar, AIT/SIDA, 2005

Internet :

Site de la liste de diffusion Bio-Energie : www.stoves.bioenergylists.org
Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net
Site de GERES Cambodge : www.geres-cambodia.org

Le compostage de résidus organiques

> **Fiche connexe :** *Fiche 4.3 Le système biogaz familial*

Les déchets organiques biodégradables sont les résidus solides d'origine végétale ou animale qui peuvent être décomposés par les processus naturels (essentiellement par des micro-organismes). Ils incluent : les déchets végétaux, les sous-produits agricoles et agro-alimentaires, les déchets putrescibles (épluchures, aliments périmés, restes de repas), les papiers et cartons, et les résidus de l'assainissement des eaux usées (boues d'épuration, curetage des fosses). On les oppose aux déchets non organiques que sont le plastique, le verre, les métaux, le textile, etc.

Parmi les différentes filières de valorisation des déchets organiques, le compostage apparaît comme l'une des opérations permettant la limitation des risques sanitaires et environnementaux et étant localement génératrice d'emplois. Sa mise en œuvre à de petites échelles, avec des méthodes simples et diffusables dans un schéma nécessairement décentralisé, permet de valoriser les déchets organiques qui représentent parfois plus de 70 % des ordures. Enfin, le compostage permet un retour au sol des matières organiques et reproduit ainsi un cycle naturel neutre du point de vue des gaz à effet de serre.

LA VALORISATION DES DÉCHETS ORGANIQUES

Une réponse à différents enjeux

Trois cas de figure sont particulièrement favorables à l'introduction d'opérations de compostage :

Dans un contexte urbain, la problématique de la gestion des déchets, du ramassage au traitement, est cruciale. En effet, les pouvoirs publics n'ont souvent pas les moyens d'assurer correctement ce service, notamment dans les quartiers les plus pauvres. Les déchets solides urbains étant constitués de 60 à 70 % de fermentescibles, le compostage est tout à fait adapté pour réduire les risques sanitaires et environnementaux (pollution de l'air, de l'eau et des sols par le dégagement de méthane, ammoniac, oxyde de souffre, nitrates,…).

Pour le secteur privé (industrie agro-alimentaire notamment), le compostage de sous-produits organiques permet à la fois d'éviter les pollutions liées aux déchets, et de constituer potentiellement une source complémentaire de revenus avec la vente du compost.

Dans un contexte rural ou périurbain, où les zones agricoles bénéficient d'un apport en compost permettant d'améliorer leur fertilité tout en réduisant le recours aux engrais minéraux qui se révèlent coûteux et polluants.

Echelles et principes du compostage

Le compostage peut être réalisé aussi bien à l'échelle domestique, en tas ou dans un « composteur », qu'à l'échelle d'une entreprise ou d'une ville. Le traitement par compostage à grande échelle des déchets au niveau d'une ville suppose un investissement important dans des équipements sophistiqués. Les nombreux échecs économiques et techniques de ces usines implantées dans les années 1970-80 confirment que cette approche n'est pas une solution pertinente. On s'intéressera dans ce cas donc uniquement à l'échelle décentralisée en zone urbaine et rurale.

En contexte urbain, la gestion des opérations de compostage peut être mise en œuvre soit directement par les habitants, soit par le secteur informel par la mise en place de petits centres de compostage au cœur des quartiers. Elle s'appuie sur des techniques « rustiques » peu coûteuses :

- En *andains* peu élevés parfois reposant sur un cadre en bois favorisant l'aération. Les andains sont en général couverts d'une toile ou de branches afin d'éviter le dessèchement. On trouve cette technique majoritairement dans les régions arides.
- En silos plus ou moins aérés, principalement dans les régions humides. Il est fréquent qu'une partie du procédé soit menée en lombricompostage. Ce procédé repose sur l'introduction de lombrics (cousins des vers de terre) qui vont permettre une accélération de la décomposition.

On appelle un cycle de compostage le processus à l'issue duquel le compost est considéré comme « mûr ». Cela signifie qu'il est stable et que les processus de décomposition et de fermentation se sont arrêtés. La durée du cycle varie selon le climat, la décomposition de la matière organique étant plus rapide en zones chaudes et humides. A titre indicatif, un cycle de compostage s'étend au minimum sur une période de 3 à 6 mois.

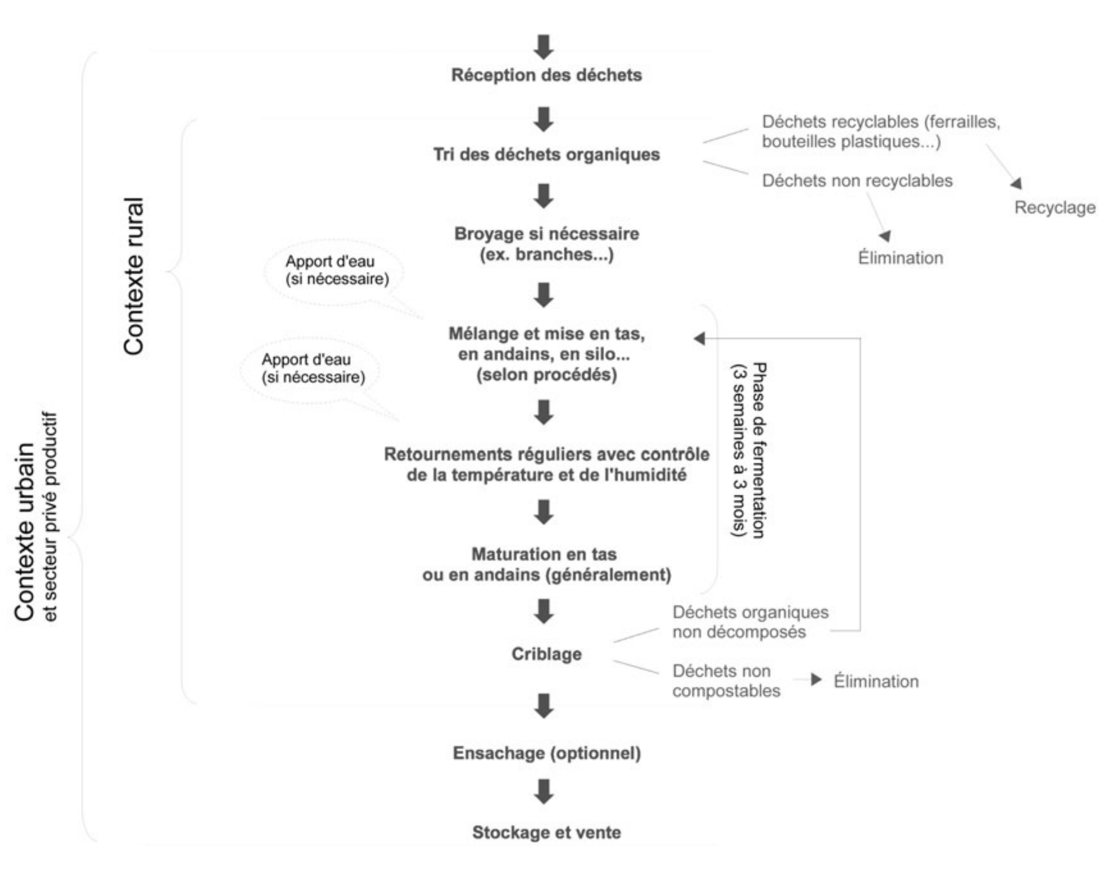


Schéma de la chaîne de fabrication du compost

Enjeux pour les acteurs du développement

Les acteurs du développement (pouvoirs publics, bailleurs de fonds, ONG, collectivités locales, etc.) ont pour rôle :
- Le lancement et l'appui financier (pour les bailleurs) car les autorités locales n'ont généralement pas les moyens de couvrir les frais liés à ce genre d'opération ; ils interviennent au niveau de la phase pilote.
- L'accompagnement technique des projets notamment pour le dimensionnement de l'opération, le suivi des chantiers, la formation sur les procédés et les aspects sanitaires.
- L'animation de la filière auprès des différents acteurs se traduisant par la sensibilisation et l'implication des autorités locales, l'information des utilisateurs, etc.

Dans tous les cas, les ONG ont un rôle important de sensibilisation, de transmission de savoir-faire (formation) et de relais entre les différents acteurs.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

L'étude de faisabilité comprend l'identification des acteurs et leur implication, l'étude de marché et la pertinence technique et économique.

Elle doit caractériser :
- Le contexte concernant les déchets : quantité, composition, gestion actuelle, acteurs impliqués, aspects économiques, organisation de la collecte… Ainsi, une étude de marché définira les niveaux de tri, voire de pré-tri (par les habitants, les entreprises, les agriculteurs), le tamisage et le conditionnement du produit final, afin de garantir une bonne commercialisation du compost.
- Le marché existant et potentiel : produits concurrentiels existants, besoin des utilisateurs en quantité, qualité et capacité d'achat.
- Les critères organisationnels, techniques et économiques du projet : quantité de déchets à composter, modalités de collecte, tri, technique retenue, suivi technique, conditionnement du compost, règles d'utilisation, perception des recettes financières éventuelles (contribution financière pour la gestion des déchets, perçue par le représentant institutionnel ou par les operateurs de collecte directement, à créer ou à généraliser quand elle existe).

Appuyer la mise en place d'une filière de compostage

Cibles :
- Contexte urbain / déchets municipaux : les habitants, les acteurs liés à la gestion des déchets, les autorités locales ;
- Contexte secteur privé : les entreprises productrices de déchets organiques ;
- Contexte rural : les agriculteurs.

Fonctionnalité, performances :

Quelques chiffres peuvent être donnés à titre indicatif : On parle de compostage décentralisé dans les villes indiennes et asiatiques pour des unités qui desservent moins de 3000 foyers, et qui traitent 3 à 5 tonnes par jour sur une surface comprise entre 800 m2 (compostage en andains) et 760 m2 (compostage en silos avec aération forcée, plus rapide). L'équipe comprend entre 7 et 11 personnes à temps plein pour les tâches opérationnelles (sans compter les moyens humains nécessaires à la collecte des déchets, le laboratoire d'analyse et la commercialisation).

Dans les régions froides himalayennes, les agriculteurs pratiquent le compostage dans des fosses de 2 m^3 qui sont remplies 1 fois par cycle de compostage, et en optimisant le procédé on peut réaliser 2 cycles dans l'année.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet de sensibilisation
Dans le cas d'opérations en milieu urbain, les habitants doivent être sensibilisés aux bénéfices de l'opération afin de respecter les nouvelles règles de collecte des déchets, d'intégrer l'idée de bonnes et de mauvaises pratiques et enfin d'accepter de participer au financement du service. Cette sensibilisation peut s'appuyer sur des sites de démonstration.

- Volet de recherche et développement (R&D)
Lorsque le compostage est un mode de valorisation de sous-produits organiques d'une ou plusieurs entreprises, le volet R&D est quasi-indispensable car les déchets de chaque activité sont très spécifiques et leurs caractéristiques sont peu étudiées dans les pays en développement. Il sera donc nécessaire de démarrer par une phase expérimentale permettant de mesurer tous les paramètres du compostage.

- Volet de transfert des connaissances
Il est indispensable de réaliser des sessions d'information des différents acteurs de la filière : habitants, autorités locales, utilisateurs. Un compost insuffisamment décomposé pourra avoir un effet dépressif sur les cultures : « brûlures », carences d'azote etc. Le produit sera alors déconsidéré. De plus pour atteindre un niveau de qualité du produit satisfaisant, les équipes de collecte et de compostage doivent être formées, notamment au suivi des indicateurs du compostage (température, humidité, composition chimique du compost…)

- Volet de structuration des acteurs
L'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion des déchets doivent s'impliquer dans l'opération. Pour cela, il est important que les relations entre les acteurs soient formalisées par un engagement sur la fourniture de déchets (volume et fréquences à déterminer) de la part des agriculteurs ou des entreprises selon le contexte, ainsi que sur la mise à disposition d'un terrain pour le compostage. La création d'un comité de pilotage et suivi du projet auquel participent tous les acteurs s'avère indispensable.

Durée de projet :

Un projet de compostage nécessite une mise en œuvre sur le moyen terme (3 ans). L'accompagnement est primordial à la phase de démarrage (première année) : diagnostic, conception technique et économique de l'opération, construction du site de compostage et acquisition des équipements, mise en route.

Compétences requises :

Expertise technique sur le compostage, animation de filière et structuration des acteurs.

Pérennisation :

La définition de critères de qualité, notamment concernant les teneurs en polluants (métaux lourds) et le taux d'indésirables (morceaux de plastique, de verre), doit permettre d'éviter une mauvaise image du produit qui compromettrait toute la filière auprès des futurs utilisateurs.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Création d'emplois adaptés au niveau de qualification de la population locale ;
- ⬆ Meilleure viabilité financière des entreprises qui valorisent leurs sous-produits organiques. Par exemple, diminution des frais pour l'achat d'engrais des agriculteurs et amélioration des rendements des cultures ;
- ⬇ Fragilité de l'économie de la filière qui tient essentiellement à la commercialisation du compost et au recouvrement des taxes sur la gestion des déchets.

Sociaux et sanitaires

- ⬆ En réduisant l'insalubrité et en optimisant à long terme la gestion des déchets urbains, un projet de compostage permet de limiter les impacts sur la santé, liés aux dépôts incontrôlés de déchets ;
- ⬆ Dans le cadre d'une activité agricole, le compost peut alléger les sols et réduire la pénibilité du travail ;
- ⬇ La manipulation des déchets n'est pas sans dangers pour la santé des travailleurs : les risques sanitaires (poussières, coupures…) et les risques d'accidents liés aux déplacements des engins de collecte doivent être maîtrisés par le port de vêtements adéquats et des consignes strictes. On recommande le port de chaussures fermées, de gants et de masques, l'existence d'un local pour se changer et prendre des douches ;
- ⬇ Par ailleurs, un compost issu d'un mélange contenant des excréments ne doit pas être utilisé sur des cultures de produits consommés frais car les risques de contamination ne sont pas nuls.

Environnementaux

- ⬆ Le compostage réduit les nuisances liées aux dépôts non contrôlés de déchets organiques : pollution des eaux, du sol et de l'air… ;
- ⬆ L'utilisation de compost améliore la fertilité et la biodiversité des sols et permet de lutter contre la désertification ;
- ⬆ Le processus de compostage est neutre en terme d'émissions de gaz à effet de serre (GES) car il reproduit la décomposition naturelle des résidus organiques dans le cycle bio-géo-chimique de la matière. Par ailleurs, les opérations de compostage permettent de réduire les GES en évitant la fermentation anaérobie (sans oxygène) des déchets organiques (émissions de méthane) dans les décharges non contrôlées et en réduisant l'utilisation d'engrais chimiques dont la production est très génératrice de GES ;
- ⬇ Un procédé de compostage mal maîtrisé peut conduire à des conditions de décomposition anaérobie génératrices de méthane (GES très puissant) ;
- ⬇ Dans la conception de la zone de compostage : il existe des risques de pollution de l'environnement par les *lixiviats*, ou bien les envols de déchets. La zone de compostage doit donc comprendre un toit, une surface étanche avec un système de collecte des jus et des eaux pluviales, des casiers pour recevoir les déchets et des bâches.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux et valorisation de réductions d'émissions

Lorsque les résidus organiques sont en décomposition, en conditions anaérobies, ils entrent en processus de fermentation et génèrent du biogaz, effluent gazeux contenant essentiellement du méthane (CH4). Le méthane a un *pouvoir de réchauffement global* (PRG) 23 fois supérieur à celui du CO_2. Ainsi la décharge d'une grande ville d'un pays en développement à ciel ouvert ne faisant pas l'objet de traitement spécifique est fortement émettrice de méthane. Le compostage permet un traitement des déchets en situation aérobie (épandage en andain, silos aérés) et évite le phénomène de méthanisation.

Les projets de compostages sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project »). Les méthodologies AMS III.F « Avoidance of methane production from biomass decay through composting »[1] donnent les méthodes de calcul des réductions d'émissions.

1. « Production de méthane dû à la décomposition de biomasse évitée grâce au compostage » Disponible sur le site de la CCNUCC, www.unfccc.org.

Illustration : Compostage de déchets urbains en Indonésie

Statut du projet : MDP
Opérateur : Rotary Club Bali Ubud et la Fondation GU
Source d'information : www.unfccc.org.
Type de crédit carbone : *URCE* selon le Volontary *Gold Standard*
Méthodologie : AMS III.F « Avoidance of methane production from biomass decay through composting »
Comptabilisation des crédits : 2008-2017

Contexte et principe de la réduction d'émissions :

La régence de Gianyar à Bali produit environ 200 tonnes de déchets chaque jour. Une grande partie est acheminée au site de Temesi où les conditions anaérobies liées à l'enfouissement des déchets sont à l'origine d'émissions importantes de méthane. Le projet permet le traitement d'environ la moitié des déchets apportés sur le site, en majorité des déchets organiques, et les transforme en compost qui est ensuite utilisé comme fertilisant.

Ordre de grandeur :

Le projet organise le traitement annuel de déchets organiques de l'ordre de 15 000 tonnes. Il permet la réduction de 333 tonnes de méthane (CH4) par an c'est-à-dire 7 600 tonnes équivalent CO_2.

Une petite partie de la vente des crédits carbone a permis de combler le budget du projet en apportant les 7 % manquants, celui-ci étant majoritairement financé par des donations. La partie restante des crédits finance la maintenance des équipements et l'extension du projet.

ÉTUDE DE CAS

COMPOSTAGE DES DÉCHETS MUNICIPAUX DU VILLAGE DE TEMESI À BALI EN INDONÉSIE

Projet financé par : IDRC Canada (Centre de Recherches pour le Développement International), Rotary Club Bali Ubud
Ampleur : Projet de moyenne ampleur (budget de 50 000 à 200 000 euros par an)
Date de réalisation : 2 étapes : 2004-2005 et 2006-2008
Opérateurs : Rotary Club Bali Ubud et la Fondation GUS
Partenaires : Le gouvernement local de la régence de Gianyar, l'agence environnementale de Gianyar
Bénéficiaires : Les paysans et communautés de Temesi, les ménages de Gianyar.



Contexte

La régence de Gianyar est l'une des plus riches de la province de Bali. Elle est connue comme étant la régence des artisans, sculpteurs de bois et orfèvres mais aussi pour son agriculture, artisanat et tourisme qui représentent les activités économiques principales de Gianyar. Située à environ 70 km à l'Est de Denpasar, sa population est de 417 728 habitants. Environ 200 tonnes de déchets sont produites chaque jour, mais seulement la moitié est acheminée jusqu'au site d'enfouissement. Le reste est rejeté dans diverses décharges non autorisées.

Le site d'enfouissement de Temesi est un site de décharge classique à ciel ouvert, ce qui crée une odeur nauséabonde et pollue les rizières. Afin d'éviter les rejets de méthane causés par le site d'enfouissement, le projet traite environ la moitié des déchets apportés sur le site, en majorité des déchets organiques, et les transforme en compost qui est ensuite utilisé comme fertilisant pour les champs. Le projet, géré par les communautés locales et supervisé par la Fondation GUS et le Rotary Club Bali Ubud, a été mis en place avec l'aide du gouvernement local de la Régence de Gianyar.



Une décharge non autorisée (©BALIFOKUS)



Le site d'enfouissement de Temesi en Février 2004. (©BALIFOKUS)

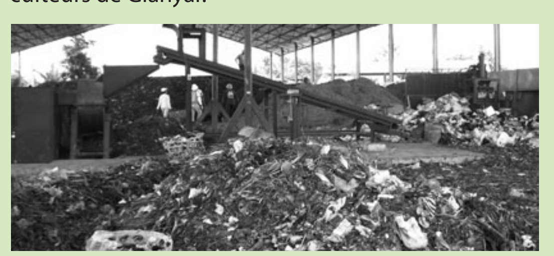
Activités et bilan du projet

En février 2004, la construction d'une déchetterie de 400 m2 a débuté sur le site d'enfouissement de Temesi. La déchetterie, conçue pour traiter jusqu'à 80 m³ de déchets par jour, soit l'équivalent de 20 camions, a été inaugurée en juin 2004. Elle est maintenant gérée par le conseil du village pour la gestion des déchets. IDRC soutient également le développement d'un parc à thème sur l'environnement, situé sur le site de la décharge.

Les activités mises en place sont :

- Le développement de la conception technique détaillée,
- La construction du centre,
- Le tri des déchets,
- Le compostage par aération forcée,
- La formation des employés,
- L'éducation à l'environnement pour les enfants, les étudiants et le grand public.

A l'issue de la seconde phase du projet, la mise en place du site de compostage a permis la création de 60 emplois. Environ 50 tonnes de compost par mois sont produites et commercialisées auprès des agriculteurs de Gianyar.



Nouveau centre de compostage conçu pour une capacité de traitement de 100 tonnes de déchets par jour (©BALIFOKUS)



Processus de compostage en utilisant la technique de l'aération forcée (©BALIFOKUS)

En savoir plus

Bibliographie :

"Decentralised composting : lessons learned and future potentials for meeting the millenium goals", Silke Drescher & Chris Zurbrugg, EAWAG, 2006
"Decentralised Composting for cities of Low - and Middle - Income Countries", Silke Rothenberger, Chris Zurbrugg (SANDEC –EAWAG) & Iftekhar Enayetullah, A.H.Md. Maqsood Sinha (Waste Concern)
"Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines", Alter Ego, CREPA, IAGU, SANDEC, 1996

Internet :

Site de Eawag, département « Water Sanitation in Developping Countries » : www.sandec.ch
Site de WASTE : www.waste.nl

Le système biogaz familial

> **Fiche connexe :** *Fiche 4.2 : Le compostage de résidus organiques*

Le biogaz est produit à partir de la fermentation de matières organiques (animales ou végétales) en l'absence d'oxygène (digestion anaérobie). Essentiellement constitué de méthane (CH_4), il peut être brûlé pour la production de chaleur ou d'électricité. Les nombreux déchets agricoles ou urbains des pays du Sud permettent de disposer de ressources nécessaires à la méthanisation. Ces pays y verront une source de production d'énergie décentralisée permettant d'équiper des familles qui vivent loin de tout réseau électrique, par exemple. Dans un contexte d'augmentation du coût de l'énergie et d'augmentation de la consommation énergétique, développer le biogaz est un réel complément. De plus le méthane est un gaz à effet de serre à Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) 23 fois supérieur à celui du CO_2. Produit dans la nature, il est donc hautement polluant, produit dans un réservoir et exploité à totalité, il réduit l'émission de GES. Les projets de production et d'utilisation du biogaz à partir de déchets permettent donc une lutte efficace contre le changement climatique.
Cette fiche portera essentiellement sur l'application biogaz en contexte rural et à l'échelle locale.

VALORISATION DES DÉCHETS PAR UN SYSTÈME BIOGAZ

Principe général du biogaz

Découvert au XVIIIème siècle mais maîtrisé depuis un siècle, le principe de production du biogaz ne s'est que récemment diffusé dans le monde. Ce processus se déroule naturellement dans les décharges, les marais, le fumier ou dans la panse des ruminants par exemple ; grâce à des bactéries qui digèrent la matière organique pour assurer leur métabolisme. Ces bactéries dégagent ce que l'on appelle du biogaz, mélange de méthane (CH4, typiquement 50 à 70%) et de dioxyde de carbone (CO2), avec des quantités variables d'eau et d'hydrogène sulfuré (H2S). Cependant, ces bactéries ne survivent que dans des conditions d'absence d'oxygène (condition anaérobie).
Cette méthanisation peut aussi être provoquée en milieu clos à partir de la fermentation de matières organiques (animales ou végétales), appelées substrat, pour faciliter la récupération du biogaz.
Les résidus de biomasse (digestat) sont stabilisés (la fermentation n'est plus possible).

Les déjections animales, les résidus agricoles, la fraction organique des ordures ménagères, les effluents alimentaires, les boues de stations d'épuration sont autant de sources possibles pour la production de biogaz.

Substrat (Matière organique) —Bactéries / Conditions anaérobies→ $CO_2 + CH_4$ (BIOGAZ) + résidus de biomasse (DIGESTAT)

Le procédé de méthanisation s'opère en trois étapes successives :
- L'hydrolyse et l'acidogénèse permettent la formation d'alcools et d'acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.
- L'acétogénèse, où s'opère la transformation des composés précédents en produits précurseurs de la formation de méthane : acétate, dioxyde de carbone et hydrogène.
- La méthanogénèse, productrice de méthane à partir des éléments précédents.

Chaque phase est provoquée par l'activité de bactéries bien spécifiques, qui sont chacune indispensables au bon fonctionnement de la méthanisation. Il s'agit de recréer les conditions naturelles de développement des bactéries méthanogènes, afin de favoriser leur développement et de leur faire digérer les déchets organiques.

Suivant la demande locale, le gaz produit par fermentation peut avoir plusieurs utilités :
- Cuisson des aliments
- Eclairage
- Chauffage
- Réfrigération
- Production d'électricité
- Carburant pour véhicules

Ces deux dernières possibilités nécessitent néanmoins une conversion du biogaz, qui diminue son rendement énergétique.

Le digestat, inodore et débarrassé de quasiment tous les éventuels problèmes sanitaires des excréments bruts (virus, bactéries, larves…) est composé essentiellement de minéraux. Il peut être employé par les paysans pour améliorer la fertilité du sol. Son épandage constitue un amendement complémentaire des produits fertilisants.

Application du biogaz dans les pays du Sud

La technique de méthanisation s'applique aussi bien à échelle locale, par la mise en place de petites unités à utilisation familiale ou pour des centres communautaires, qu'à une échelle industrielle par de grosses unités

de production en stations d'épurations, en déchetteries ou dans de grandes exploitations agricoles.

Pour un pays du Sud, une application décentralisée de la technologie biogaz semble la plus pertinente. Le biogaz est particulièrement adapté en milieu rural et agricole, car il existe un gisement méthanisable important, que sont les excréments d'élevage.
De plus, ce biogaz permet de se substituer au bois ou au charbon, source d'énergie traditionnelle en zone rurale des PED. Ceci permet entre autre la réduction du temps de collecte de bois ou des dépenses pour l'achat et le transport du charbon, des sources de pollution de l'air lors de la cuisson avec des équipements traditionnels à biomasse.
Enfin, le biogaz, lorsqu'il fonctionne avec les excréments, permet l'assainissement du milieu, l'amélioration de l'hygiène et de la santé, ainsi que la réduction des risques de pollution des eaux. Les familles qui utilisent les systèmes biogaz bénéficient ainsi des avantages économiques, sanitaires, hygiéniques et environnementaux.

Nous nous attacherons ici uniquement au biogaz à l'échelle locale dans les pays en voie de développement et présenterons le principe de fonctionnement d'un digesteur, cuve permettant la fermentation des matières organiques. Du plus petit permettant l'alimentation énergétique d'une famille, aux plus gros capables de subvenir aux besoins de villes de taille modeste, les modèles de digesteurs sont très nombreux.

Les différents types de biodigesteurs

Un digesteur est constitué au minimum d'une cuve (où se déroule la fermentation des matières organiques) avec une entrée et sortie respectant les conditions anaérobies et d'un tuyau de sortie du gaz.

Il existe plusieurs modèles de digesteurs. Pour une utilisation familiale dans les PED, on en distingue trois principaux :
- Le digesteur à cloche, ou modèle indien
- Le digesteur à dôme fixe, ou modèle chinois
- Le digesteur discontinu, souvent en poche plastique mais pouvant aussi se fabriquer avec des bidons en métal ou en plastique.

Une alimentation discontinue signifie qu'une fois les matières organiques introduites dans le digesteur, on n'en rajoute pas durant la méthanisation. Tandis que dans le cas des modèles indiens et chinois, l'alimentation est continue : on ajoute régulièrement de la matière dans le digesteur.

Le digesteur à cloche est constitué d'une cuve enterrée et d'un réservoir mobile de gaz, consistant généralement en une cloche en métal (mais pouvant aussi être une poche en plastique). La fermentation se déroule dans la cuve et libère le gaz dans le réservoir situé au dessus, qui monte et descend selon la quantité de gaz stockée, la pression du gaz restant la même, car dépendant uniquement du poids de la cloche.

Le digesteur à dôme fixe dit « chinois », est constitué d'une cuve semi-sphérique, généralement en briques, mais de nouveaux matériaux font leur apparition, notamment les matériaux composites, mélange de ciment et de fibres textiles. Le stockage du gaz se fait directement dans la partie haute du digesteur. La pression du gaz dépend donc ici exclusivement de la quantité de gaz stockée. Le coût de cet équipement en Chine est de l'ordre de 400 à 500 € comprenant construction, formation et aménagement coin cuisine/latrines/porcherie.



Biodigesteur à dôme fixe
(©Initiative Développement)

Les digesteurs discontinus sont généralement plus rustiques que les digesteurs continus. Pouvant prendre la forme de poches plastiques en PVC ou de bidons en métal ou cuves en plastique, ils sont plus faciles à concevoir, car nécessitant peu d'installations et des matériaux peu chers (poche plastique), voire même gratuits (récupération de bidons d'essence ou de cuves plastiques). L'alimentation en matière organique se fait en une fois, le digesteur pouvant servir à la fois de cuve de fermentation et de réservoir de gaz. Mais il est aussi possible de faire un réservoir externe, élaboré en cuve de stockage ou plus rudimentaire, mais tout aussi efficace, dans des poches en plastique, voire dans des chambres à air de véhicules. Du fait de l'alimentation discontinue en matières organiques, il faudra prévoir plusieurs digesteurs en série pour avoir une production de gaz constante et pouvoir stocker les matières organiques en attente de fermentation.

Règles de fonctionnement des biodigesteurs

Le choix du type de digesteur doit se faire en analysant surtout le climat de la région, mais doit aussi s'adapter selon le savoir-faire local en techniques de construction, les besoins en gaz… Les matériaux nécessaires à la construction de digesteurs sont généralement disponibles sur place, ce qui participe au développement économique de la région où ils sont implantés.

Scientifiquement parlant, une bonne méthanisation nécessite le suivi des paramètres suivants :
- Absence d'oxygène
- Température (optimum à 37°C). La majorité des digesteurs sont enterrés afin de conserver une température constante à l'intérieur de la cuve, ce qui permet une meilleure conservation des bactéries indispensables à la fermentation.

- pH (idéalement entre 7 et 8), certaines mesures permettent de garder simplement un bon pH : proscrire l'ajout d'acides, de produits chimiques, de savon…
- Rapport carbone-azote (C/N) des matières organiques introduites dans le digesteur, devant être, dans l'absolu, proche de 25 à 30. En effet, les bactéries consomment environ 30 fois plus de carbone que d'azote.
- Le temps de rétention, qui s'exprime surtout pour les systèmes discontinus (peut aller de 10 à 60 jours suivant les facteurs précédents).

Dans le cas de petites unités de biogaz disséminées dans les familles, il paraît impossible de contrôler tous ces paramètres. On pourra se limiter dans le cas du digesteur chinois à une lecture du manomètre, donnant la pression du gaz, pour déterminer, en cas de variation, la présence de problèmes, tels que des fuites, une mauvaise alimentation du digesteur, la formation d'une croûte empêchant le bon déroulement de la méthanisation…

Enjeux pour les acteurs de développement

Les pouvoirs publics doivent s'impliquer dans le développement biogaz à la fois dans la promotion en subventionnant par exemple les équipements, et en formant les cadres du développement rural à cette technologie.

Les ONG peuvent appuyer la diffusion de biodigesteurs en formant les artisans locaux à leur construction, en sensibilisant les populations à l'usage du biogaz, etc.

La principale difficulté pour une large diffusion est un accompagnement des populations les plus pauvres, qui souvent ne disposent pas d'assez d'animaux et d'une faible capacité d'investissement. Il s'agira alors de faire un lien avec des programmes d'appui à l'agriculture pour une approche complémentaire. Cela est ainsi le cas en Asie avec la production familiale de cochons. Enfin les organismes de micro-crédit pourront s'associer à la diffusion en permettant le financement d'une partie des installations.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

La connaissance du contexte technique et énergétique

Cela consiste d'une part à l'évaluation de la quantité et du mode de valorisation actuelle des ressources organiques. Cette valorisation peut être l'alimentation pour bétails, un amendement organique pour les sols, la décomposition aérobie et la récupération de la chaleur, la combustion directe, etc.

D'autre part, à la caractérisation des infrastructures énergétiques actuelles (gaz, diesel, pétrole, bois/biomasse, solaire, hydraulique, etc.) ainsi que l'accès à ces énergies et les économies réalisables grâce au biogaz.
Il s'agit, en parallèle, de définir les principaux usages énergétiques (cuisine, éclairage, réfrigérateurs, équipements/machines/pompes, véhicules).
Enfin, un état de l'art sur la technologie biogaz dans le pays permettra de se pencher sur les expériences passées, les technologies employées et les approches suivies et d'analyser les causes éventuelles d'échec.

Les caractéristiques socio économiques et culturelles des populations cibles

On caractérisera les principales activités économiques des communautés que l'on cible pour évaluer la structuration de leurs dépenses (notamment la part représentée par l'énergie) ainsi que leur capacité d'investissement. De plus, il s'agit d'étudier la répartition des tâches domestiques entre hommes et femmes (qui ramasse le bois, qui achète et transporte le charbon) car la diffusion de biodigesteurs peut impliquer des bouleversements dans ce partage des tâches. Enfin, la manipulation des excréments peut poser problème dans certaines cultures, de même que l'utilisation d'un gaz issu des excréments. Il s'agit donc de vérifier que cette pratique est acceptable culturellement.

Dimensionnement du projet

La démarche la plus pertinente semble de commencer par une phase d'expérimentation et de démonstration de la technique biogaz. Ceci afin de sensibiliser la population et mesurer ses attentes, grâce notamment à des enquêtes auprès des familles pour connaître à la fois leur motivation, leurs craintes, la taille du cheptel, leurs revenus…
Si cette première approche a abouti favorablement, il est alors temps de passer au développement de la diffusion, qui devra se faire par tranches, suivant une logique géographique.
Suivant la taille du projet, on pourra alors déterminer le nombre d'équipes techniques nécessaires à la réalisation des digesteurs, sachant qu'une équipe technique doit au minimum être composée d'un maçon, d'un technicien et d'un responsable formation et enquête. La population locale peut participer à la construction (en creusant le trou ou en apportant certains matériaux par exemple).

Appuyer la diffusion de biodigesteurs

Cible :

Unité familiale

Fonctionnalité, performances :

Dans des conditions d'utilisation normale (température assez élevée (au minimum 15°C), alimentation régulière en excrément : 50 kg par jour) une famille de 4 personnes possédant 2 cochons peut faire fonctionner un digesteur de 8m^3 relié à la porcherie et aux latrines,

et ainsi produire assez de gaz pour cuire 3 repas par jour (environ 1 m^3 de gaz par jour).

Maturité technologique :

Le biodigesteur existe depuis plus de 25 ans. Dans sa version standardisée, il est parfaitement opérationnel. Actuellement, des entreprises développent des technologies améliorées : nouveaux matériaux facilitant la construction, matériaux de construction recyclables…

La difficulté est essentiellement dans la formation des constructeurs (maçonnerie) et le suivi qualité des chantiers, pour garantir la pérennité des installations et les bonnes performances.

Des filières d'équipements complémentaires sont aussi organisées : cuiseurs à riz, chauffe-eau…

Volets d'accompagnement projet :

Les activités à mener dans le cadre d'un projet sont généralement :

> Le transfert de technologie auprès des communautés. L'accompagnement est nécessaire pour s'assurer de la maîtrise sur la durée de l'utilisation du réservoir à biogaz.

> La formation à la construction, l'utilisation, la maintenance des biodigesteurs ainsi que la formation sanitaire et hygiénique…

> La création d'associations de bénéficiaires favorise les échanges et permet d'accélérer la dissémination des équipements. A l'intérieur de l'association, certains membres peuvent recevoir une formation plus approfondie et aider aussi les autres bénéficiaires.

> L'aide à l'investissement : l'investissement initial est en effet souvent trop important pour que des familles démunies puissent y accéder.

> Le suivi du projet, notamment des performances des digesteurs, afin de déterminer des problèmes (constitution de base de données…). En effet, un accompagnement est nécessaire pour s'assurer de la maîtrise sur la durée de l'utilisation du réservoir à biogaz. Une faible performance du système au début peut entraîner une démotivation.

Durée de projet :

La durée du projet dépend du niveau d'appropriation par les bénéficiaires de la technologie. En situation favorable (premiers constructeurs avec bonne maîtrise technologique, bonne sensibilisation des intéressés, certaine capacité d'investissement) le temps d'adaptation est faible au vu des avantages de cette technologie (1 ou 2 ans pour passer à une phase d'extension).

Compétences requises :

Gestion de projet de développement, ingénierie (construction, matériaux…), développement rural, agronomie, énergie renouvelable.

Suivi et durabilité du projet :

Pour que les digesteurs soient efficients durablement, un système de suivi doit être mis en place.

En premier lieu, c'est l'association des bénéficiaires qui peut être chargée du suivi et de la maintenance de base. Ensuite, en cas de difficulté, le problème (arrêt de la production de gaz, fuite, panne d'un des composants, sous-production…) doit pouvoir être référé à un technicien.

Le fait d'inscrire un programme de diffusion dans la finance carbone favorisera la pérennité du fonctionnement des digesteurs. Les revenus par la vente du carbone sont intrinsèquement liés à l'usage de la totalité du biogaz produit et à une production maximale.

Enfin, le projet fonctionnera d'autant mieux qu'il sera intégré aux activités et aux besoins paysans : l'appui à l'élevage des animaux (construction de parcs à animaux, culture du fourrage), la production d'un engrais de qualité... D'autres compléments, tels que les latrines ou l'introduction de tables de cuisson amélioreront le confort de la famille également.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Economie sur le budget énergie (moins de charbon acheté ou d'électricité) ;
- ⬆ Production de fertilisant => amélioration de la productivité agricole par la fertilisation des sols avec le digestat ;
- ⬆ Création de revenus (emplois, utilisation de matériaux locaux…) ;
- ⬇ Coût du digesteur peu accessible à des populations pauvres, nécessité d'une subvention à l'investissement et/ou de financement par micro crédit.

Sociaux

- ⬆ Amélioration de l'environnement de vie : latrines, parcs à cochon évitant la vacation des animaux ;
- ⬆ Confort de vie : lumière, coins cuisine plus propres, moins de fumées nocives;
- ⬆ Latrines plus agréables (moins d'odeurs) et plus hygiéniques ;
- ⬆ Economie de temps par la diminution du temps de collecte du bois ;
- ⬆ Efficacité et rapidité de la cuisson au biogaz en comparaison du bois ou du charbon ;
- ⬇ Réticence de certaines populations à utiliser du gaz provenant d'excréments, résistance culturelle à la manipulation des excréments souvent contournable par l'amélioration sanitaire apportée par l'équipement (propreté des lieux, absence d'odeurs et mouches,..).

Environnementaux

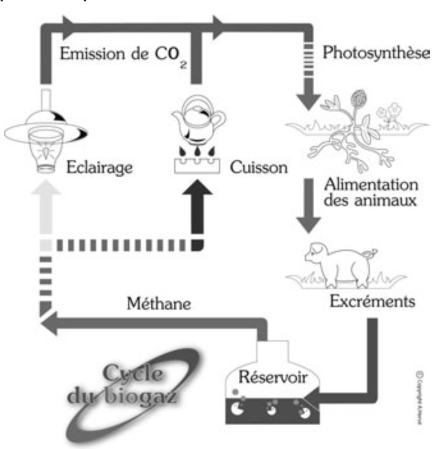
- Amélioration de l'assainissement ;
- Energie propre et renouvelable ;
- Protection de l'environnement (lutte contre la déforestation, baisse de l'érosion) ;
- Réduction de la pollution intérieure des maisons ;
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre (si l'énergie biogaz vient en remplacement d'une énergie fossile comme le gaz ou le kérosène ou d'une biomasse non renouvelable et si aucun excès de biogaz n'est rejeté dans l'atmosphère) ;
- Une fuite de méthane est encore plus polluante que le CO_2. L'étanchéité des digesteurs de leurs équipements doit donc être assurée. Sur les modèles dôme, il est fréquent d'observer un dégazage pendant la nuit. Des mesures doivent être prises pour ce modèle pour éviter tout rejet de méthane.
- Le biogaz, bien qu'ayant une moins grande pression que le gaz « de ville », reste dangereux. Les tuyauteries notamment doivent être bien entretenues.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

La production et l'utilisation de biogaz permettent la lutte contre le réchauffement climatique à deux niveaux :
- La réduction des émissions directes (dans tous les cas)
Le méthane a un *Potentiel de Réchauffement Global* (PRG) 23 fois plus élevé que celui du CO_2. Le contrôle de la production de méthane à partir des déchets (décharges, lisier, etc.) puis sa combustion pour le convertir en CO_2 réduit globalement l'émission de gaz à effet de serre.

- Les émissions évitées (dans certains cas)
Lorsque le biogaz, énergie renouvelable vient en remplacement d'une source d'énergie fossile (charbon, gaz) ou d'une biomasse non renouvelable, alors on évite des émissions. Par contre, si le système biogaz, au sein par exemple d'une famille, permet de remplacer le bois collecté dans une forêt régulièrement régénérée (source d'énergie dite renouvelable), cela n'a pas d'impact.



Le cycle du biogaz (©Initiative Développement)

Valorisation de réductions d'émissions

Les projets de diffusion de systèmes biogaz familiaux sont éligibles au MDP, dans le cadre de projets de petite échelle (« small scale project »). Ils font partie des projets de type I Energie renouvelable. La méthodologie AMS I.E « Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User »[1] donne les méthodes de calcul de réduction des émissions. Ces réductions ne sont comptabilisées que si l'on prouve que le combustible dont on a réduit la consommation provient d'une *biomasse non renouvelable,* donc émettrice de dioxyde de carbone.

Illustration : Diffusion de réservoirs biogaz dans la province du Guizhou en Chine

Statut du projet : *Marché d'échange volontaire*
Opérateur : Initiative Développement
Crédit carbone : URVE sous le standard Gold standard
Source d'information : www.id-ong.org
Comptabilisation crédits : 2007-2016
Méthodologie utilisée : AMS I.E « Switch from Non-Renewable Biomass for Thermal Applications by the User »

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Le projet se situe dans une zone où les habitants ont recours à la biomasse non renouvelable pour leur cuisson. Ce projet consiste en la diffusion de biodigesteurs auprès des utilisateurs ruraux. Le biogaz permet la cuisson des aliments, l'éclairage. Sans la réalisation du projet, les familles auraient utilisé des foyers de cuisson traditionnels locaux alimentés majoritairement par du bois de feu. Une partie du bois de feu provient de forêt qui n'est pas entretenue et est considéré comme une *biomasse non renouvelable*. Celle-ci est émettrice de dioxyde de carbone (CO_2).

Ordre de grandeur

Selon les zones du projet et les conditions locales, les économies de CO_2 réalisées par un réservoir familial peuvent aller de 4 à 5 t CO_2 équivalent. Une base de données, qui permet de suivre l'ensemble des équipements sur la durée, a été mise en œuvre pour permettre le suivi et la comptabilisation des réductions d'émissions.

1. Disponible sur le site de la convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, www.unfccc.org)

ÉTUDE DE CAS

DIFFUSION DE RÉSERVOIRS BIOGAZ DANS LA PROVINCE DU GUIZHOU EN CHINE

Projet financé par : Goodplanet, Fondation Ensemble, Fondation Michelham, Autorités chinoises et apport local valorisé
Ampleur : Projet pilote de budget inférieur à 50 000 € par an
Opérateur : Initiative Développement (ID), www.id-ong.org
Partenariat : Autorités chinoises et ONG locales chinoises
Date réalisation : depuis 2005
Bénéficiaires : 1 600 familles



Contexte

La province du Guizhou se situe au Sud de la Chine et fait partie des plus pauvres parmi les 30 provinces chinoises. On y recense de nombreuses minorités ethniques (80) , dont les Miao, les Buyi, les Dong et les Zhuang. Le Guizhou (174 000 km²) a souffert de son relief accidenté, qui l'a isolé des provinces voisines. L'arrivée tardive du rail le reliant au Yunnan, au Sichuan et au Guangxi n'a pas permis l'exploitation de ses mines de houille et de phosphate. L'activité économique principale reste donc l'agriculture. L'accès aux services de base, à l'énergie, est limité. Le revenu annuel par habitant est de l'ordre de 260€.

Le biogaz, qui est en fort développement en Chine, avec un plan national de diffusion et plusieurs millions de digesteurs en fonctionnement, a vite suscité l'intérêt en termes d'assainissement et de lutte contre la déforestation.

Activités mises en œuvre par le projet

ID a commencé à tester la construction de digesteurs en 2005 à Weining dans le Guizhou.

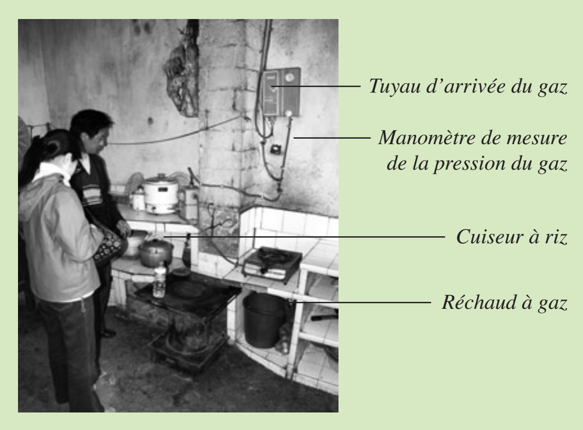
Puis, entre 2006 et 2008, l'activité biogaz s'est largement développée, avec plus d'un millier de digesteurs installés durant cette période. La technique employée a été améliorée, grâce à la construction de nouveaux digesteurs en matériaux composites, permettant une construction plus facile et un rendement de production de biogaz plus élevé.

Le coût total d'un réservoir, de 8 m³ avec la latrine et le parc à cochon, est de 470€, incluant la valorisation des matériaux et du travail villageois ainsi que la subvention gouvernementale.

Pour les populations locales, il est impossible de payer une telle somme. Les populations participent donc à la construction du digesteur par le creusement du trou et l'apport de certains matériaux de construction, le reste est apporté par le gouvernement et l'ONG, grâce à ses bailleurs.



Système en construction incluant les latrines (© Initiative Développement)



Utilisations du biogaz par les familles de Guizhou (© Initiative Développement)

Bilan

Le biogaz permet une réelle économie pour les familles, tant en terme économique lorsque le biogaz vient en remplacement du charbon, qu'en gain de temps pour le ramassage du bois ou une cuisson des aliments plus rapide. Une demande forte, ainsi qu'un fort soutien gouvernemental, font que le biogaz en Chine est un réel succès. Une extension du projet est donc prévue dans la province voisine du Yunnan.

En savoir plus

Bibliographie :

« Manuel du biogaz chinois », Intermediate Technology (Angleterre), GRET (France), ENDA (Sénégal) – Traduction française, juillet 1981, 125 pages
« Guide pratique : Mise en place et exploitation d'une unité de biogaz », Centre Songhaï (Bénin) - African Development Fondation, 2001
« Biogas digest », GTZ-GATE, 1999, 4 volumes, disponibles sur www.gtz.de

Internet :

Site d'Initiative Développement: www.id-ong.org
Site de l'Université d'Adelaïde (« Beginners guide to biogas »): www.adelaide.edu.au/biogas/
Portail du biogaz français pour les professionnels : www.lebiogaz.info
Site d'EDEN – Energie Développement Environnement : www.eden-enr.org
Site de SNV –Netherland Dévelopment Organisation : www.snvworld.org

SECTION 5

AGRICULTURES ET FORETS DURABLES

LES ENJEUX POUR LES PAYS DU SUD

Le secteur agricole est au cœur de l'économie des Pays du Sud. D'après la *FAO*, il représente une large part du produit intérieur brut (PIB) (de 30 % à 60 % dans les deux tiers des Pays les Moins Avancés), emploie une proportion significative de la population active (de 40 % à 90 % dans la plupart des cas). L'agriculture produit la majeure partie des denrées alimentaires de base et est la seule source de subsistance et de revenus pour plus de la moitié de la population de ces pays.

Les ressources naturelles comme le sol, l'eau, la forêt, sont des facteurs de production essentiels pour l'agriculture. Ces ressources naturelles sont des biens collectifs, souvent soumis à des processus avancés de dégradation, notamment en lien avec l'expansion des surfaces agricoles.

La forêt joue pourtant un rôle essentiel pour la protection de la biodiversité, la régulation des régimes hydriques et des microclimats locaux. Les écosystèmes forestiers sont aussi cruciaux pour les conditions de vie des communautés rurales les plus pauvres : plus de 800 millions de personnes vivent dans ou à proximité des zones de forêt tropicale et en dépendent pour satisfaire leurs besoins en bois énergie, bois de services et construction, produits alimentaires et sources de revenus.

L'agriculture et la forêt sont donc deux domaines en interaction forte. Ils représentant des enjeux de sécurité alimentaire, d'accès à l'énergie, de lutte contre la pauvreté et de conservation de la biodiversité pour les Pays du Sud.

AGRICULTURES, FORÊTS ET CLIMAT

Quels impacts dans le changement climatique à l'échelle mondiale ?

Selon le 4ème rapport du *GIEC* paru en 2007, l'agriculture contribue au niveau mondial à hauteur de 13,5 % aux émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale. Les émissions sont dues principalement à l'élevage, notamment des ruminants (effluents, fermentation entérique émettrice de méthane), l'emploi d'intrants (émetteurs de protoxyde d'azote N2O), au changement d'utilisation des sols lié à l'extension des surfaces arables (déforestation pour la création de terres agricoles), à la consommation d'énergie (transports, irrigation).

Toutefois, l'agriculture dite paysanne, dominante dans les Pays du Sud, contribue peu à ces émissions. En effet, elle a lieu sur de petites parcelles, (entre 1 et 3 hectares) où des familles produisent les denrées alimentaires destinées à leur consommation propre (riz, maïs, manioc, etc.) et vendent leurs excédents sur le marché local. Elle emploie des techniques peu polluantes (faible consommation d'engrais azoté, petit élevage peu émetteur…), est diversifiée et mixte (agroforesterie…).

Les forêts constituent en théorie des puits de carbone et contribuent dans ce sens à la lutte contre le changement climatique. Cependant, le bilan net du secteur forestier sur le climat se révèle aujourd'hui négatif et contribue en 2007 selon le GIEC à hauteur de 17,5 % aux émissions mondiales de gaz à effet de serre, ce qui en fait le troisième contributeur mondial de GES après les secteurs de l'énergie et de l'industrie.

Le problème de la déforestation dans les pays du Sud

L'évaluation des ressources forestières mondiales, conduite en 2005 par la FAO, montre une perte annuelle nette de 7,3 millions d'ha de forêts pendant la période 2000-2005. L'Amérique du Sud est le continent le plus touché avec 4,3 millions d'ha par an (3,1 millions du fait du Brésil), suivi par l'Afrique avec 4 millions d'ha par an. En terme de taux de déforestation, les régions les plus touchées sont l'Amérique Centrale et l'Asie du Sud-Est (2 % par an en Indonésie). Cependant, un reboisement important a lieu dans certains pays asiatiques (Chine, Inde). Certaines régions ont jusqu'ici été peu touchées par la déforestation, notamment l'Afrique Centrale.

La déforestation est responsable de l'émission directe de CO_2 via la combustion et la décomposition de la biomasse contenue dans les arbres et la perte de carbone organique dans le sol. Elle provoque aussi l'émission d'autres gaz à effet de serre, le CH_4 et le N_2O, lors de la combustion de la biomasse. Elle est également responsable d'émissions indirectes, dues aux activités d'usage du sol qui lui succèdent : agriculture utilisant des fertilisants, responsables de l'émission de N_2O, élevage responsable de l'émission de CH_4, et combustion d'énergie fossile par les véhicules, responsable de l'émission de CO_2.

La vulnérabilité de l'agriculture paysanne

L'agriculture paysanne est faiblement émettrice de gaz à effet de serre. Par contre, son accès limité aux intrants et aux semences de qualité, sa faible maîtrise de l'eau d'irrigation et son manque de mécanisation sont autant de points faibles qui démontrent la vulnérabilité des pays du Sud face aux changements climatiques. Ceci se révèle particulièrement vrai face à la variabilité climatique et aux phénomènes climatiques extrêmes.

Ainsi, la variation des précipitations et de la température exercera une pression supplémentaire sur des systèmes agricoles déjà fragiles, se répercutera sur les rendements des productions (longues sécheresse, érosion et dégradation des sols, désertification). Certaines régions du monde sont particulièrement exposées à cette variabilité - le Sahel, le nord-est du Brésil, le centre de l'Asie et le Mexique, par exemple. Les zones climatiques et agro-écologiques se déplaceront, obligeant les agriculteurs à s'adapter.

Bien que par nature plus spectaculaires, les conditions climatiques extrêmes telles qu'inondations, sécheresses et tempêtes ont un effet global moins grave sur la production agricole que les anomalies climatiques chroniques.

Le réchauffement de la planète pourrait aussi avoir quelques effets positifs pour les agriculteurs. Les accroissements du dioxyde de carbone ont un effet fertilisant pour de nombreuses cultures, augmentant les taux de croissance et l'efficience de l'utilisation de l'eau. Mais de nombreux points d'interrogation subsistent concernant les différents scénarios possibles.

ENJEUX POUR LES ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT

L'ouvrage a favorisé ici une approche Energie-climat-développement.

Les opérations qui seront présentées se regroupent sous 2 enjeux principaux :

- Développer des pratiques agricoles moins émettrices de GES et surtout résilientes, c'est-à-dire qui résistent mieux à la variabilité du climat et à ses conséquences et qui renforcent la capacité des agriculteurs à s'adapter au changement à long terme.

  Fiche 5.1 Le maraîchage et l'élevage sous serres solaires ;
  Fiche 5.2 Le semis direct sur couvert végétal.

- Contribuer à une gestion durable de la forêt qui tienne compte de l'ensemble des rôles joués par la forêt (biodiversité, maintien des sols, approvisionnement en bois-énergie des communautés etc.)

  Fiche 5.3 Les plantations forestières;
  Fiche 5.4 La lutte contre la déforestation ;
  Fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable.

Le maraîchage et l'élevage sous serres solaires

> **Fiche connexe :** *Fiche 2.1 L'architecture bioclimatique en zones froides*

L'activité agricole des populations implantées dans des lieux de vie en conditions extrêmes (altitude, froid, désert) est souvent soumise à de nombreuses contraintes (manque d'eau pour les zones désertiques, températures basses). Cette agriculture est réduite en termes de rendement des cultures, de taille des cheptels, de diversité des activités. Assurant une partie de la sécurité alimentaire de ces zones, elle ne satisfait pas la demande du marché local en produits alimentaires. Cette fiche se propose d'introduire le principe d'utilisation de l'énergie solaire au moyen de dispositifs relativement simples pour développer des activités de maraichage et d'élevage. Ces techniques sont développées à petite échelle dans le cadre de projets de développement local. Elles permettent d'améliorer la sécurité alimentaire et de créer des revenus dans les zones où elles sont introduites. Elles ont des effets sociaux comme le renforcement de la position des femmes et l'amélioration de la santé des populations par une alimentation plus variée. Le maraîchage et l'élevage sous serres solaires permettent de lutter contre le changement climatique en réduisant les émissions de CO_2 liées au chauffage des serres traditionnelles en hiver.

AGRICULTURE ET ÉNERGIE SOLAIRE

Agriculture en conditions extrêmes : enjeux

La chaine himalayenne s'étend sur de nombreux pays d'Asie. Une partie de sa population vit dans des vallées situées à des altitudes moyennes de l'ordre de 2 500 m, notamment en Afghanistan, en Inde, au Tibet, en Mongolie, en Chine ou encore au Népal. De même, la Cordillère des Andes connaît ses plus hautes altitudes au Pérou et en Bolivie. Ces zones de plaines d'altitude ou de montages présentent des conditions de vie particulièrement difficiles en raison d'hivers longs et rigoureux.

L'agriculture (culture du blé et de l'orge) et l'élevage (chèvres, moutons et yaks, volailles…) sont les principales ressources pour ces populations garantissant la sécurité alimentaire des plus pauvres et des revenus complémentaires pour les plus aisés (dépenses santé, éducation etc). Les pratiques agricoles sont très dépendantes du contexte climatique. Les principales cultures ont ainsi lieu en période estivale (céréales, légumes) tandis qu'en hiver, qui s'étend sur 6 mois, les températures atteignent -30 degrés et compromettent toute culture végétale. Le taux de mortalité dans les poulaillers est également fort du fait du froid. Les agriculteurs qui le peuvent, chauffent parfois leur poulailler grâce à un poêle à kérosène ou à bois. Les activités agricoles sont donc fortement réduites en hiver, un approvisionnement de l'extérieur est obligatoire. L'approvisionnement en produits frais et notamment en fruits et légumes se fait par voie de terre ou d'air si les axes de communication sont coupés. Les prix des produits alimentaires augmentent alors considérablement.

Parallèlement, ces zones de conditions de vie extrêmes, bénéficient généralement d'un très fort ensoleillement (plus de 300 jours d'ensoleillement par an au Ladakh au nord ouest de l'Inde, par exemple) rendant ainsi favorable l'utilisation de l'énergie solaire. Cette énergie peut ainsi être employée pour permettre la pratique de l'agriculture en hiver. Dans les zones rurales, ces technologies apportent une réponse aux besoins ruraux en matière de sécurité alimentaire et d'amélioration de la santé. Elles permettent par ailleurs la responsabilisation des femmes, principales porteuses des activités de maraîchage. Etant données la commercialisation facile et la demande élevée, dans les zones périurbaines l'objectif principal est de générer unrevenu pour les bénéficiaires. Dans ce contexte, les technologies de culture sous serre pourraient représenter des activités économiques à plein temps.

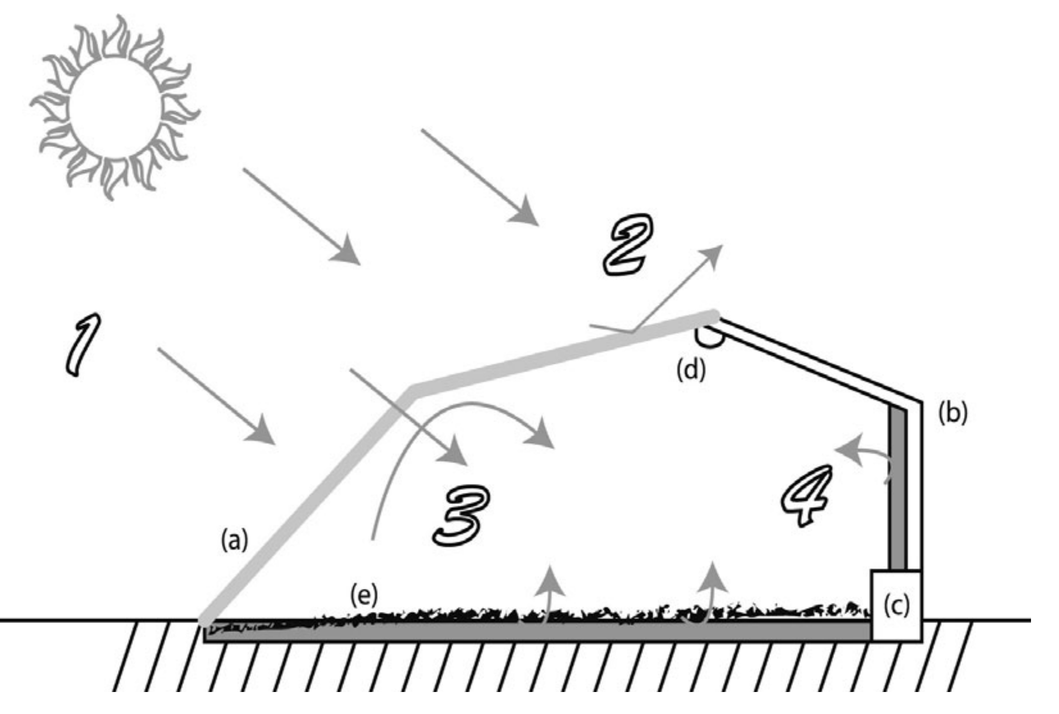
Présentation générale

Concept du solaire passif

L'agriculture sous serre en général repose sur un principe simple d'utilisation du « solaire passif ». Le principe est d'emmagasiner la chaleur du soleil pendant la journée et de la restituer la nuit grâce à une masse thermique et une isolation adaptée. Ainsi l'orientation du bâtiment est choisie face au Sud. L'isolation des murs est permise par des briques ou de la terre, et de la paille pour le toit. Deux applications seront présentées dans cette fiche : la serre solaire pour la culture de légumes et les poulaillers solaires.

Serres pour le maraîchage

Il existe de nombreux systèmes. Selon les cas, ils ont un coût et une efficacité différents : la serre en tranchée, la serre tunnel, la serre à paroi simple, à paroi double avec isolant, etc. Ainsi au Ladakh, une serre en paroi double de 35m² permet une production de novembre



a) Couverture transparente en polyéthylène
b) Paroi opaque
c) Fondations
d) Charpente, poutre principale
e) Zone de culture

1. Rayonnement Solaire
2. Perte par réflexion sur la couverture transparente
3. Rayonnement solaire entrant dans la serre
4. Chaleur restituées par le sol et les parois, protégeant les plantes du gel nocturne

à mars de 300 à 400kg de légumes. Elle permet également la culture de plants en pépinière, en préparation des cultures d'été qui auront lieu en plein-air.

Poulaillers solaires

La technologie des poulaillers utilise l'effet solaire à travers une serre accolée à un bâtiment et de grandes fenêtres, afin de chauffer une, deux ou trois pièces d'élevage. On peut également utiliser la technologie solaire passive dites du mur Trombe, c'est-à-dire un mur couvert d'un revêtement noir avec doubles vitrages et un espace intermédiaire au sein duquel l'air intérieur froid de la pièce est chauffé. La construction et l'exploitation d'un poulailler solaire peuvent représenter des coûts importants et demandent une certaine capacité d'investissement et de gestion d'une activité économique. On parle de petites installations pour des poulaillers de 50 têtes et de grandes pour 200 à 1 000 têtes.

Matériaux et coûts

Les matériaux utilisés pour la fabrication des serres sont essentiellement disponibles au niveau local (briques, pierres, ciment, boue, sciure de bois, paille, verre, bois, peinture, etc.). Seules les parois de polyéthylène, de polycarbonate ou de verre sont rares dans les zones isolées et sont disponibles dans un centre urbain plus développé. Les coûts des serres de culture sont moindres que ceux des poulaillers solaires.

Ainsi, d'après les prix en vigueur à Leh (Ladakh, Inde) en 2007 :

- une serre solaire de culture de petite taille (8,5 m x 4,3 m) coûte environ 500 €,
- un poulailler entre 1500 et 3000 € en fonction du nombre de pièces d'élevage (de une à trois pièces). Un poulailler solaire peut être jusqu'à 15 % plus cher qu'un poulailler traditionnel mais est facilement rentabilisé par les économies d'énergie.

Entre les revenus assurés par les activités de maraîchage ou l'économie de combustible dans le cas d'un poulailler, la rentabilisation des équipements est possible en quelques années.

Enjeux pour les acteurs de développement

Pour les ONG, il s'agit :

- D'appuyer la construction et l'exploitation de quelques serres solaires, pour la culture et l'élevage du bétail pour démontrer l'efficacité de ces technologies aux comunautés locales, aux institutions locales, afin de les encourager à les reproduire et les diffuser par elles-mêmes,
- De former le secteur privé à la construction de ces technologies de culture sous serre,
- D'offrir des services de préfinancement par un système de micro crédit.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Contexte socio-économique

Pour proposer des dispositifs adaptés, l'étude doit tenir compte du contexte rural ou périurbain, des besoins de la communauté (sécurité alimentaire ou génération de revenus), de ses habitudes alimentaires (type et niveau de consommation de légumes) et de sa capacité d'investissement.

Par exemple, dans les zones périurbaines, on préfèrera les serres de grande taille (27,5 m x 5,5 m) pour la production de légumes et les poulaillers solaires à échelle commerciale.

En milieu rural, où satisfaire la sécurité alimentaire peut être critique et les capacités d'investissement sont moindres, on préfèrera les poulaillers et serres de culture de taille réduite (8,5 m x 4,3 m).

Enfin, on privilégiera la culture de légumes qui ne peuvent être stockés pendant l'hiver (légumes à feuille plutôt que carottes par exemple).

Etude technique

L'étude s'attache à vérifier que les critères suivants sont réunis :
- Orientation Sud nécessaire (entre 20° SE et 20° SO),
- Ensoleillement d'au moins 6 heures par jour en plein hiver,
- Pas ou peu de zones d'ombre,
- Sol de qualité satisfaisante et eau disponible,
- Matériaux de construction disponibles à proximité.

Sélection des bénéficiaires

Elle évalue :
- La motivation ;
- La capacité d'investissement (en particulier pour les poulaillers solaires),
- Une maîtrise des techniques de l'élevage de volaille,
- Une visibilité sur les possibilités de commercialisation des produits agricoles.

Appuyer la diffusion de systèmes solaires passifs

Cibles maraîchage :

Agriculteurs, groupes de femmes

Cibles élevage :

Petits entrepreneurs, groupes de femmes

Maturité technologique :

Les techniques utilisées pour la construction des serres reposent sur des principes simples maîtrisables par les artisans locaux. Les matériaux sont essentiellement disponibles au niveau local, mis à part les parois de polyéthylène, de polycarbonate et le verre.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet recherche et développement (conception, agronomie, aliments locaux, méthodologie, etc.),
- Volet de formation des ONG et personnels locaux à la construction et à l'exploitation des serres,
- Volet de formation des bénéficiaires, en particulier en agronomie,
- Volet de mobilisation sociale pour l'introduction des serres solaires,
- Volet de suivi des impacts et d'évaluation du projet.

Durée du projet :

Un projet pilote devrait durer au moins 2 ans. Toutefois, environ 4 années sont nécessaires afin de vraiment pérenniser le projet et de diffuser les technologies.

Compétences requises :

Recherche et Développement, animation sociale, développement rural, compétences en matière d'isolation et de solaire passif, agronomie.

Impacts négatifs, positifs et risques

Economiques et Sociaux

- ⬆ Génération de revenus / augmentation du pouvoir d'achat
- ⬆ Diversification de l'alimentation (grâce à la consommation de légumes, œufs et viande frais en hiver)
- ⬆ Renforcement de la position des femmes dans les communautés par leur implication dans le projet
- ⬆ ⬇ Coût initial parfois important des serres solaires, mais qui peut être soutenu par une opération microcrédit et rapidement amorti par la vente des produits agricoles.

Environnementaux

- ⬆ Dans le cas des installations d'élevage, économie de combustibles fossiles ou non renouvelables, si celles-ci étaient auparavant chauffées
- ⬇ Caractère polluant des films de serre en polyéthylène, nécessité d'organiser une filière de recyclage

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

Les serres solaires passives peuvent contribuer à une meilleure adaptation aux évènements climatiques extrêmes et à une variabilité climatique accrue. De plus, comme ces serres ont besoin de moins d'eau qu'un champ à ciel ouvert, elles peuvent également contribuer à une meilleure gestion de l'eau et donc s'adapter à une éventuelle pénurie d'eau du fait de la fonte des glaciers.

L'impact des serres solaires passives sur l'atténuation du changement climatique est double :
- dans le cas où les serres solaires passives remplacent les serres conventionnelles fortement chauffées grâce à des énergies fossiles ou de la biomasse non renouvelable,
- si on permet d'éviter l'importation de légumes, on peut affirmer qu'il y a réduction des émissions provenant du transport.

Seul le cas du remplacement de serres fortement chauffées sera traité dans cette section car la réduction des émissions peut être calculée de manière assez précise. Dans l'autre cas, ce calcul dépend de plus d'hypothèses spécifiques à chaque contexte (moyens de transport, distance, etc.).

Valorisation de réductions d'émissions

Les projets qui incluent la mise en place de mesures d'efficacité énergétiques à des constructions isolées ou des groupes de bâtiments sont éligibles au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP) et permettent

de valoriser la réduction d'émission. Dans un sens plus large, les serres solaires passives ainsi que les poulaillers peuvent être considérés comme des constructions. La méthodologie AMS II. E « Energy efficiency and fuel switching for buildings »[1] peut s'appliquer. Grâce à l'architecture solaire passive, la consommation de combustible (fossile ou biomasse non-renouvelable) peut être réduite de manière substantielle, voire même totalement supprimée.

La culture maraîchère et l'élevage sous architecture solaire passive n'est éligible au MDP que si l'on peut démontrer que le niveau de référence est représenté par un chauffage important du bâtiment avec des énergies fossiles ou de la biomasse non-renouvelable. Toutefois, étant donné le niveau limité de réduction des gaz à effet de serre par poulailler et le potentiel limité de reproduction, une participation au marché volontaire paraît plus viable compte tenu du coût élevé d'un projet MDP.

Illustration : diffusion de poulaillers solaires au Ladakh

Statut du projet : Marché d'Echange Volontaire
Opérateur : GERES Inde
Source d'information : www.india.geres.eu
Crédit Carbone : URVE
Comptabilisation crédit : 2006-2015
Méthodologie : AMS-II.E. « Mesures d'efficacité énergétique et de changement de combustible dans la construction »

Principe de la réduction d'émissions

Au Ladakh (Région Transhimalayenne, Inde), les poulaillers sont généralement chauffés 4 mois de l'année. Le besoin en chauffage pour un bâtiment d'élevage de 14m^2 est estimé à environ 15 kWh par jour. En prenant un poêle à kérosène avec une efficacité de 50 %, les émissions annuelles s'élèvent à environ 1 t CO_2 équivalent. L'expérience nous montre que grâce aux mesures solaires passives, les poulaillers peuvent parfaitement fonctionner sans chauffage additionnel pendant tout l'hiver et éviter ces émissions de CO_2.

Ordre de grandeur

Un poulailler solaire évite ainsi 1 t CO_2 équivalent par an. Par le calcul, on montre que la valorisation puis la vente de ces réductions d'émission sur le marché volontaire permet de rembourser l'investissement sur le poulailler solaire sur 10 ans. La finance carbone joue donc dans ce cas un rôle financier mineur dans la réalisation du projet.

1. Efficacité énergétique et changement de combustible dans la construction, disponible sur www.unfccc.org

ÉTUDE DE CAS

APPRENDRE ENSEMBLE LA GÉNÉRATION DE REVENU DANS L'HIMALAYA

Partenaires financiers du projet : Commission Européenne et les Fondations Ensemble et Michelham
Opérateurs : *GERES* Inde, www.india.geres.eu
Partenaires locaux : *LEHO , LEDEG, LNP, SKARCHEN, STAG*
Date de mise en place : 2005 – 2009 (4 ans)
Ampleur : Projet de moyenne ampleur (budget annuel compris entre 50 000 € et 200 000 €).
Nombre de bénéficiaires : 600 familles bénéficiaires directes ; plus de 50 000 personnes comme bénéficiaires indirects. Les bénéficiaires indirects ne bénéficient pas directement des technologies, mais de la production.



Contexte et activités mises en œuvre

Les vallées de ces régions désertes, reculées dans les collines de l'Himalaya des états de Jammu, du Cachemire et de l'Himachal Pradesh, s'élèvent à plus de 3000 m d'altitude. Durant les hivers long et rigoureux, la température atteint fréquemment -20°C. Les villages se retrouvent ainsi isolés plus de six mois de l'année, les routes d'accès étant impraticables à cause de la neige. Mais ils bénéficient d'un ensoleillement exceptionnel, de plus de 300 jours par an. Traditionnellement, les familles comptent principalement sur l'agriculture et l'élevage du bétail. La population cible du projet sont les villageois pauvres, qui vivent avec moins de 0,7 € par jour (35 roupies par jour). Le projet vise à améliorer les moyens d'existence des populations rurales dans les régions désertiques froides de l'ouest Himalaya en Inde, pendant la période de transition actuelle d'un système agricole de subsistance isolé, vers l'intégration à une économie monétaire, tout en respectant les spécificités locales. Une partie des activités ont visé l'introduction de maraîchage sous serre solaire améliorée, de bergeries solaires et de poulaillers solaires.



Poulailler solaire en construction



Serre pour le maraichage

Bilan

Depuis 2005, 500 serres solaires améliorées pour le maraîchage, 80 bergeries solaires et 15 poulaillers solaires ont été construits. Plus de 100 personnels locaux ont été formés à leur construction. Le suivi des impacts du projet montré qu'une serre maraîchère solaire de petite taille peut augmenter les revenus du bénéficiaire d'au moins 15 %, qu'en moyenne, les bénéficiaires mangent 8 fois plus de légumes verts frais en hiver qu'avant, qu'une serre de 40m² peut fournir des légumes frais en hiver à environ 10 familles. Enfin on a pu observer la responsabilisation des femmes chargées de l'exploitation de plus de 300 serres maraîchage.

Grâce aux bergeries solaires, la mortalité des agneaux est réduite de 50 % en hiver. Les œufs et la viande fraîche sont disponibles en plus grande quantité en hiver et permettent de varier l'alimentation. Certains propriétaires de bergerie les utilisent comme abris multi-usage, pour la production d'artisanat, la culture de légumes et le chauffage solaire passif en hiver (ce qui permet également des économies de combustible). L'augmentation des dépenses en matière d'éducation et de santé est globalement permise grâce au revenu complémentaire généré par la vente des produits.

En savoir plus

Bibliographie :

« Une serre solaire pour chauffer votre maison et jardiner toute l'année », Bill Yanda et Rick Fisher, Eyrolles, traduit et adapté de l'américain par Robert Celaire.
« Manuel pour la construction d'une serre solaire », Vincent Stauffer, GERES Inde, 2003.
« Manuel pour l'exploitation d'une serre solaire », Christophe Viltard, GERES Inde, 2003.
« Manuel pour l'exploitation d'un poulailler solaire », Christophe Viltard, GERES Inde, 2003.
« Guide pratique pour l'exploitation d'un poulailler », Pierre Thiriet (GERES), Zuber Ahmad (ZOF, Chuchot) et LEHO, 2007.

Internet :

Site de GERES Inde : www.geres.india.eu

Le semis direct sur couvert végétal

Les agricultures des pays en développement (PED), et notamment l'agriculture paysanne présentent une certaine vulnérabilité face aux aléas climatiques. Effectivement, elles ont un accès limité aux intrants, aux semences de qualité et à la mécanisation. Leur maîtrise de l'eau d'irrigation est parfois aléatoire.

Le Semis direct sur Couvert Végétal (SCV) est une technique de culture innovante basée sur un système combinant le non labour, la présence de couverture végétale permanente et le respect de la rotation culturale. Une fois maîtrisé et pratiqué dans la durée, ce système permet d'améliorer les rendements tout en assurant la protection des sols et en favorisant la résistance des cultures à la sécheresse comme aux agressions des insectes ou des mauvaises herbes.

Ces techniques connaissent des stades d'avancement et de diffusion plus ou moins avancés selon les zones géographiques. L'objet de cette fiche sera de se pencher sur l'application du SCV dans les PED, à travers les travaux de recherche en cours et mené par le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

AGRICULTURE DANS LES PAYS DU SUD

Constats

L'agriculture dite « paysanne », est le modèle de production dominant dans les Pays en Développement (PED). Elle a lieu sur de petites parcelles, (entre 1 et 3 hectares) où des familles produisent les denrées alimentaires destinées à leur consommation propre (riz, maïs, manioc, etc.) et vendent leurs excédents sur le marché local. Elle emploie des techniques peu polluantes (faible consommation d'engrais azoté…) et est généralement diversifiée.

Cette agriculture rencontre de nombreuses contraintes et peut avoir un impact sur les milieux naturels environnants.
Le labour s'avère une tache pénible dès lors qu'il n'est pas mécanisé et qu'il est encore souvent opéré à la main pour les plus pauvres. Visant l'élimination des *adventices*, il est aussi une source d'accroissement du phénomène d'érosion du fait que le sol est ainsi mis à nu et exposé aux averses violentes du début de saison des pluies. Les parcelles agricoles sont par la suite soumises à un processus de ruissellement qui entraine la désagrégation des sols et leur érosion. Les conséquences agronomiques sont des pertes importants en éléments organiques et nutriments (principalement phosphore, potassium et azote) pourtant indispensables à la croissance de la plante.
A cette dégradation des sols, s'ajoute, en zone soudano sahélienne, de fréquentes et longues périodes sans pluie qui réduisent les récoltes espérées. Les systèmes d'irrigation étant insuffisamment développés, ils ne permettent pas de compenser ce manque d'eau.

Le système du Semis direct sur Couverture Végétale (SCV) s'attache à proposer des solutions pour lever une partie de ces contraintes.

Le SCV : des pratiques agricoles innovantes

Principes généraux

Le SCV associe une « couverture végétale permanente » et une culture principale.

La couverture permanente du sol est assurée par un « mulch » végétal vivant ou mort (paille). Elle consiste à maintenir sur le sol des résidus de la culture précédente ou à installer des plantes de couverture (cultures intercalaires). Afin d'éviter toute compétition avec la culture principale, la couverture est desséchée par la suite (fauchée, broyée ou herbicidée), ou gardée vivante et éventuellement contrôlée sous la culture par une application à faible dose d'herbicides.

La culture principale est semée directement dans la couverture végétale, après ouverture d'un simple trou ou d'un sillon. Différents types de semoirs peuvent être utilisés tels que des semoirs à traction animale, aux roues semeuses et aux cannes planteuses. Ces cultures sont variables : maïs, riz, sorgho, coton, arachide, manioc, mil, etc.

Les plantes de couverture ont des systèmes racinaires puissants et longs capables de recycler les éléments nutritifs des horizons profonds vers la surface, où ces derniers peuvent être utilisés par les cultures principales. Elles produisent également une importante biomasse et peuvent se développer même en conditions difficiles ou marginales, comme durant les saisons sèches ou froides, sur des sols compactés, et sous une forte pression des adventices. Les plantes de couverture peuvent être des graminées fortement productrices de biomasse (Brachiaria) ou des légumineuses (Stylosanthes, Mucuna) qui permettent la fixation de l'azote atmosphérique et donc à terme un retour au sol de l'azote. Au-delà du rôle de couverture, elles peuvent par exemple constituer du fourrage pour les animaux.

Ces systèmes sont donc basés sur le non travail du sol (gain de temps) et le recours à des plantes de couverture disponibles dans le milieu. Le tout est de trouver la plante de couverture complémentaire qui n'entre pas en compétition avec la plante principale pour l'usage de l'eau, des nutriments. Pour cela, il s'agit notamment de contrôler le développement de la plante de couverture par l'usage d'un herbicide (glyphosate). C'est la phase la plus critique du processus notamment concernant le dosage des produits utilisés. Tout suremploi se révèle en effet néfaste pour l'environnement et pour la santé humaine.

Enfin, une rotation des cultures est favorisée incluant des graminées et des légumineuses. Ces derniers ont la propriété particulière de fixer l'azote atmosphérique.

Pour quels avantages ?

Lorsqu'elles sont maîtrisées par les agriculteurs, les techniques du SCV présentent les avantages suivants :

- Protection des sols et amélioration de leur structure
  La couverture végétale diminue l'effet mécanique des gouttes de pluie sur le sol et y améliore l'infiltration de l'eau, ralentissant le ruissellement et les pertes en terre. Sa décomposition par les organismes vivants du sol forme l'humus qui stabilise et limite le dessèchement de la couche superficielle.

- Meilleure gestion de l'eau
  Dans un climat sec, l'utilisation de plantes de couverture permet de capter l'humidité profonde par leurs racines, améliorant le bilan hydrique. Dans un climat humide, la plus grande facilité d'infiltration et de drainage dans le sol permet un retour de l'eau au champs plus rapide. L'eau conservée dans le sol assure des conditions favorables à une bonne activité de la plante principale.

- Diminution de la pénibilité du travail et de la pression des ravageurs et des maladies pour le producteur
  Le principe du non labour permet de réduire le temps de travail et sa pénibilité, facilitant la gestion des pics de travaux (préparation des champs, entretien des cultures). À long terme, les attaques des pestes et ravageurs sont également réduites grâce à la pratique des rotations culturales.

Ces avantages sont particulièrement stratégiques dans le cadre de la lutte contre la désertification. Celle-ci est définie par les Nations Unies comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». Elle touche durement les PED, particulièrement vulnérables à ce phénomène qui diminue les surfaces cultivables et réduit la biodiversité. La protection des sols et la meilleure gestion de l'eau permises par le SCV sont des facteurs limitant cette désertification et de ses conséquences.

Le SCV en phase expérimentale au Sud

Initiées aux États-Unis puis perfectionnées au Brésil, ces techniques se sont ensuite étendues à l'Amérique Latine, à l'Australie, à l'Asie puis à l'Europe et enfin à l'Afrique. Aujourd'hui 95 millions d'hectares dans le monde sont cultivés en semis direct.

Des programmes d'introduction de ces techniques dans les PED supposent cependant une approche particulière liés au caractère innovant et complexe du SCV (non labours, contrôle de la couverture permanente par l'usage de pesticides). Cette approche associe recherche agronomique et nécessité d'une bonne appropriation par les agriculteurs. Le CIRAD a ainsi engagé cette démarche au Brésil à Madagascar, au Laos, au Cambodge, en Tunisie, au Cameroun. Chaque pays présente des zones agro-écologiques différentes et des contextes socio-économiques nécessitant des approches ciblées et sur le long terme.

Quelques exemples d'expérimentations réalisées dans les pays du Sud :

Pays	Terroir	Plante principale	Plantes de couverture
Madagascar	Hauts plateaux	Maïs	Couverture vive de trèfle
Madagascar	Lac Alaotra	Riz	Paillage de « Bozaka » (graminée)
Cameroun	Nord Est, zone présentant un défaut de pluviométrie	Maïs ou Sorgho	Brachiaria (graminée)



Culture de riz pluvial sur une couverture de styloxanthes guianensis à Madagascar (©CIRAD)

Enjeux pour les acteurs du développement

L'accompagnement institutionnel pour la diffusion de ces pratiques innovantes passe par la mise en place de programmes de recherche et de services de vulgarisation agricole visant par exemple la diffusion de semences de plantes de couverture ou du conseil technique.

La mise en place de mesures incitatives de crédits et d'assurances au profit des agriculteurs qui tentent l'expérience du SCV est également un moyen pour l'Etat, les bailleurs et les ONG de limiter les risques financiers et d'encourager la diffusion de ces techniques.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Présélection des contextes d'intervention

Un projet d'introduction de techniques de SCV est en général mis en œuvre à l'échelle de l'unité de paysage et à l'échelle du terroir villageois. Ce dernier est défini comme l'ensemble d'exploitations essentiellement situées dans l'Unité de Paysage (UP). L'UP est constituée par un ensemble d'étages agro-écologiques (situés sur le haut, le milieu et le bas du niveau topographique considéré) représentant les différents types de sols et de régimes hydriques des zones cultivées. Les premières expérimentations SCV participatives sont implantées sur différentes parcelles de l'UP.

Pour un opérateur de développement, l'étude de la pertinence de l'introduction d'un système SCV s'appuie sur plusieurs situations possibles :

- Des zones fertiles, de défriches récentes, en milieu humide et sub-humide mais fortement soumises à l'érosion. Il peut s'agir de zones montagneuses dont les pentes facilitent le ruissellement de l'eau, de zones soumises à des précipitations très fréquentes par exemple. Cette érosion est souvent considérée par les agriculteurs comme la cause de leurs problèmes de mauvais enracinement et plus généralement de faible productivité. Le SCV apporte des solutions visant au maintien de la productivité et à la conservation du sol.
- Des zones dégradées après plusieurs années de pratiques continues de défriche/brûlis ou de monoculture intensive (apport d'engrais exclusivement chimiques) qui sont fréquentes dans les régions sub-humides et humides des PED. Le SCV s'avère adapté à la réhabilitation de ces terres souvent abandonnées.
- Des zones semi arides. Ces zones qui souffrent du manque d'eau épisodique en cours de cycle de culture offrent un contexte favorable au SCV, qui apporte un bilan hydrique favorable en comparaison des techniques classiques (réduction du ruissellement et de l'évaporation par la couverture du sol, augmentation de l'infiltration, meilleure porosité du sol, enracinement profond des cultures).

Appuyer la diffusion des techniques SCV

Cibles :

Agriculteurs, Techniciens (des services de l'Etat, de structures locales d'appui technique aux agriculteurs)

Fonctionnalité, performances :

Les systèmes SCV sont évaluables par leurs effets sur les performances agronomiques à court terme, par leurs effets à moyen terme sur la situation sociale et économique de l'exploitation agricole et à long terme sur les impacts sur l'environnement local, régional et global.

A titre d'exemple, au Cameroun, depuis 2001, plus de 200 paysans ont expérimenté les SCV en collaboration avec le CIRAD et Sodecoton[1] sur la base d'une rotation coton/ céréales. On observe (i) un rendement de coton (+20 % en moyenne) et de sorgho (+15 % en moyenne) supérieur au témoin sur plus de la moitié des parcelles, (ii) une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, (iii) des temps de travaux moindres, (iv) un revenu net en hausse (coton et sorgho).

On relève, par contre, plus de dépenses d'herbicides et d'azote les trois premières années (sauf si la plante de couverture est une légumineuse).

	SCV	Agriculture traditionnelle
Revenu net (€/ha)	301	225
Jours de travail par ha	101	109
Valorisation (€/jour travaillé)	3,53	2,28

Tableau de données d'après une étude CIRAD au Cameroun (Naudin et Balarabe, 2005, 2006)

Compétences requises :

Agronomie, pédologie, sociologie et économie rurale, gestion de projet, formation, communication.

Les étapes projet :

Le SCV vise donc le long terme, à travers un processus participatif débutant par une phase expérimentale (3 ans en moyenne) puis par une phase de diffusion (5 ans en moyenne). C'est ainsi que les agriculteurs s'approprient progressivement ces nouvelles techniques.

1. Société cotonnière camerounaise

Etape 1 : Expérimentations participatives

Le premier objectif pour les opérateurs de développement et leurs chercheurs agronomes est de créer une vitrine sur chaque portion représentative de l'écosystème (cf. unité de paysage) mettant en évidence les performances possibles des SCV. Cette phase expérimentale a une durée minimum de 2 à 3 ans, les rotations de cultures étant primordiales en SCV. Cette formation doit permettre aux agriculteurs de comprendre et de s'approprier les mécanismes de fonctionnement agronomique, de faire leurs choix de types de plantes et d'apprendre, par ailleurs, à multiplier convenablement le matériel végétal nécessaire à ces systèmes. Le travail d'encadrement au niveau des terroirs vise aussi à contribuer à l'organisation des communautés villageoises : crédit, commercialisation des produits, approvisionnement en intrants et matériel agricole, règles communautaires, etc.

Cette première phase permet :
- de confronter les systèmes SCV à l'épreuve du milieu réel ;
- de faire évaluer ces systèmes par les paysans et d'alimenter la recherche en thèmes prioritaires ;
- de former les divers acteurs de la recherche-développement ;
- d'identifier et de promouvoir les agriculteurs motivés, ayant assimilé les pratiques SCV, au rôle d'agriculteurs consultants pour la diffusion directe de ces techniques auprès d'autres communautés villageoises ;
- de construire un référentiel à l'échelle des grandes régions agricoles de la zone concernée.

Etape 2 : Diffusion des pratiques

La diffusion doit passer par un conseil rapproché et individualisé, et ce sur une période suffisamment longue pour accompagner les paysans motivés dans cette véritable transformation de leur agriculture. Outre l'amélioration de l'environnement agricole, la diffusion des techniques agro-écologiques exige en conséquence :
- un personnel compétent et solidement formé, maîtrisant les techniques SCV, des outils pour leur adaptation, ainsi que les principes pour leur diffusion au niveau de terroirs villageois en adéquation avec les stratégies paysannes ;
- la concentration des moyens de diffusion sur quelques sites, pour un appui rapproché et soutenu ;
- un accompagnement du changement ;
- une diffusion en "tâches d'huile", de paysans formés à paysans intéressés permettant progressivement une diffusion à large échelle.

Les volets d'accompagnement projet :

- Accompagnement technique des agriculteurs
Le projet pourvoit à la mise en place de services semenciers et d'apport d'engrais. Il participe au renforcement de capacités des agriculteurs par la formation permanente de techniciens (des services techniques de l'Etat, d'une organisation locale partenaire), capables de les accompagner.

- Anticipation des conflits éventuels
Ainsi en Afrique, le développement de ces systèmes pose la question de l'intégration et de la compétition de l'élevage pour cette biomasse, devenue une ressource convoitée. Les solutions en cours d'étude (exemple au nord du Cameroun dans le cas de l'appui aux petits producteurs de coton) font appel à une sensibilisation et à un dialogue de tous les acteurs concernés sur le territoire. Une négociation entre acteurs et décideurs, en vue de décider ensemble des règles de gestion de l'espace et de partage des productions s'avère donc nécessaire.

- Suivi et Evaluation
Il s'agit de mettre en place un dispositif de suivi d'évaluation des exploitations agricoles qui adoptent et n'adoptent pas le dispositif pour comparer les résultats. La composante recherche agronomique associée au projet devra intervenir pour anticiper, améliorer, adapter et simplifier son offre technique SCV. Les indicateurs portent par exemple sur le nombre de paysans adoptant les biomasses produites et recyclées sous forme de litière, la productivité de la journée de travail, etc. Il s'agira également de suivre la qualité des sols (analyses) ou encore l'économie des exploitations. L'analyse individuelle et collective s'intéresse aussi bien à l'analyse des succès que des échecs.

Impacts positifs, négatifs et risques

Environnementaux

- ⬆ Protections des sols par la couverture végétale qui limite le ruissellement, conservation des ressources en eau, de la biodiversité ;
- ⬆ Séquestration du Carbone dans le sol permettant la diminution de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère et donc la lutte contre le changement climatique;
- ⬆ Réduction de l'utilisation d'engrais chimiques ;
- ⬇ Recours à des herbicides pour le contrôle de la couverture permanente.

Economiques et Sociaux

- ⬆ Amélioration des revenus des agriculteurs par économie des coûts d'accès à l'intrant ;
- ⬆ Augmentation de la productivité d'une journée de travail par la limitation des travaux de labours ou d'irrigation ;
- ⬆ Amélioration de la sécurité alimentaire par une meilleure productivité et une diversification des cultures ;
- ⬇ Besoin d'un soutien financier pour les parcelles expérimentales dans les premières années, notamment pour l'accès aux herbicides pour le contrôle de la couverture végétale ;
- ⬇ Risque sanitaire en cas de mauvaise utilisation des herbicides (voies respiratoires, problème de peau) ;

- ⬇ Risque de conflits sur l'usage de la biomasse (issue des plantes de couverture) avec les éleveurs (entre couvert végétal et utilisation en fourrage) ;
- ⬇ ⬆ Introduction de l'innovation en milieu rural et sur un mode participatif et transfert de connaissance auprès des agriculteurs. Mais, phase d'expérimentation et d'apprentissage relativement longue pour accéder à une technologie de haut niveau qui risque de favoriser l'élitisme.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le SCV contribue à l'*adaptation* aux changements climatiques grâce au renouvellement et à la conservation des sols et à la lutte contre l'érosion. De plus, il augmente la *résilience* des activités agricoles face à la variabilité climatique en améliorant la gestion de l'eau au sein des parcelles (meilleur résistance à des périodes de sécheresse ou à desinondations).

Le SCV contribue à l'*atténuation* par la réduction de la concentration de *gaz à effet de serre* (GES) dans l'atmosphère. Les techniques SCV permettent de diminuer les dépenses en énergie fossile (pas de travail du sol, moins de traitements donc économie d'engrais et de molécules chimiques). De plus, elles favorisent la fixation du carbone dans la matière organique accumulée dans le sol à partir des résidus de récolte et des plantes de couverture. La quantité de carbone qui peut être séquestrée est donc essentiellement liée à l'augmentation de la biomasse végétale et à sa nature (plus les résidus de récolte recyclés annuels sont riches en lignine et plus leur participation à la reconstitution du stock d'humus est importante).

Pour calculer les réductions, il faut disposer d'une analyse de sol en année 1, le bilan du carbone dans le sol se faisant alors en année 5. Dans les cerrados brésiliens, des études (*CIRAD*, 2005) ont comparé agriculture conventionnelle et SCV. Elles constatent des émissions de 0,2 à 1,4 t CO_2 équivalent/ha/an en agriculture conventionnelle dans les horizons « superficiels » à « moyennement profonds » des sols (0 à 20 cm). À l'inverse, par l'utilisation de techniques SCV, le taux de carbone du sol augmente et permet une réduction de 0,83 à 2,4 t CO_2 équivalent/ha/an selon le lieu, le type de système et les espèces de couverture.

ÉTUDE DE CAS

LA RIZICULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE AU CAMBODGE

Projet financé par : *AFD*, Gouvernement cambodgien et CIRAD. 2008-2012
Ampleur : Projet de grande ampleur de budget annuel supérieur à 500 000 € par an
Opérateur : *CIRAD*
Partenariat principal : Ministère de l'Agriculture, des Forêts, Chasse et de la Pêche, L'Institut de recherche du Caoutchouc Cambodgien (IRCC)
Date réalisation : 2 phases 2004-2007 et 2008-2012
Bénéficiaires : Agriculteurs de la Province de Kampong Cham



Contexte

Le Cambodge, d'une superficie de 181 035 km^2 accueille une population de 13,2 millions d'habitants (2004), dont 85 – 90 % vit en milieu rural. 36 % de ces agriculteurs vivent sous le seuil de pauvreté. L'agriculture est un secteur économique important au Cambodge représentant 37 % du PIB et 85 % des emplois. Les plaines inondables du Mékong et du Tonle Sap sont les principaux foyers d'activités agricoles et socio-économiques. Le climat est de type tropical de mousson : une saison sèche (Novembre-Avril) et une saison des pluies (Mai-Octobre).

Les faibles performances de l'irrigation au Cambodge s'expliquent par :
- Le manque d'infrastructure pour l'irrigation et une irrigation principalement « de complément », destinée à sécuriser la production ;
- La précarité financière des paysans et leurs difficultés pour investir dans une culture de contre-saison.

Le riz, base de l'alimentation au Cambodge, couvre environ 50 % des surfaces cultivées pour un rendement total de 4,17 millions de tonnes par an et une exportation de 416 118 t / an. La consommation locale est de 143 kg de riz par personne et par an. Le système de culture repose sur le contrôle de la lame d'eau pluviale par construction de diguettes et de planages grossiers. On trouve en association avec la riziculture quelques cultures de rentes annuelles (soja, sésame, manioc) ou pérennes (Anacardier, Hévéa, Bananiers, Manguiers) ainsi que de l'élevage bovin familial et de la pisciculture.

Activités mises en œuvre par le projet et bilan

Lors de la première phase, le projet a eu pour objectif de contribuer à améliorer la productivité de la riziculture pluviale et irriguée en prenant en compte les diverses activités agricoles (plantations d'hévéas, élevage, pisciculture…). Ces travaux ont été développés sur les plateaux de Terres Rouges et Terres Noires, ainsi que sur les hautes terrasses sableuses de la province de Kampong Cham. Ils ont été réalisés, au travers d'un système d'expérimentations et de démonstrations, et ont concerné les principales cultures annuelles de rente pratiquées dans la province, telles que le manioc, soja, maïs, et riz. La première phase a permis (i) la mise au point de systèmes pour l'agriculture pluviale (ii) la mise en place des premiers éléments d'un système de multiplication de semences, et (iii) la constitution d'un noyau de spécialistes SCV au Cambodge.



Culture de soja sur couvert de Brachiaria (©CIRAD)

La seconde phase (2008-2012) prévoit la poursuite des expérimentations SCV pour les cultures du manioc, maïs, soja, et riz (sur plateaux et collines) et la riziculture (terrasses sableuses et sur plaines hydromorphes). La superficie totale des parcelles pilotes est prévue en 2008 autour de 10 ha. En 2012, elle devrait atteindre plus de 400 ha, répartis sur environ 350 exploitations familiales. Le montage de ce réseau de diffusion pilote est prévu sur la province de Kampong Cham en 2008 et se développera dès 2009 dans les provinces de Pailin et Battambang.

En savoir plus

Bibliographie :

« Le Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV), une solution alternative aux systèmes de cultures conventionnels dans les Pays du Sud » - publication AFD/CIRAD/FFEM, 2006.
« Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: A guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops" – O. Erenstein, Agric. Ecosyst. Environ, 2003.
" Plantio Direto. Pequena propriedade sustentável," IAPAR Circular 101 Londrina, PR, Brazil, 1998
" Zero tillage farming for sustainable rural development. Agriculture and Rural Development Working Paper" – publication World Bank, 2002.
" Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America" - E. Scopel, B. Triomphe, M. Ribeiro, L. Séguy, JE Denardin, RA Kochann, disponible en ligne à www.cropscience.org.au, 2004.
" Conservation Agriculture for small farmers: Challenges and possibilities" – PC. Wall, J. Ekboir, ASA, CSCA, 2002.

Internet :

Le site du CIRAD, section Agroécologie : www.cirad.fr
Le Site du FFEM – Fonds Français pour l'Environnement Mondial : www.ffem.fr

Les plantations forestières

Le boisement et le reboisement

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.1 Cuisson économe en combustible, Fiche 3.1 Les filières agrocarburant de proximité, Fiche 5.4 La lutte contre la déforestation*

En 2005, les forêts couvraient 3,95 milliards d'hectares. Elles renfermaient 53 % du carbone accumulé dans les écosystèmes terrestres, constituant là un formidable réservoir. Par ailleurs, il est admis qu'au niveau planétaire les forêts participent de manière très significative au bilan des échanges de *gaz à effet de serre* (GES). Celles-ci séquestreraient autour de 0,7 Gt de carbone par an, soit environ 9 % des émissions globales de GES et se comportent donc comme des « puits de carbone ».

Parmi les surfaces forestières, celle des plantations a augmenté à un rythme de 2,38 % par an[1] sur la période 1990-2005. Elle représente à ce jour 4,6 % de la couverture forestière mondiale avec plus de 18 millions d'hectares. L'homme met ainsi en place ces plantations depuis des siècles à des fins alimentaires, énergétiques ou économiques. La multifonctionnalité des projets de boisement et de reboisement, les bénéfices socio-économiques qu'ils apportent aux populations locales les rendent particulièrement intéressants.

Enfin, dans le contexte de la lutte contre le changement climatique, il apparaît que celles-ci peuvent remplir une nouvelle fonction environnementale : en augmentant les surfaces boisées et en maintenant des peuplements boisés en phase de croissance, on contribue à la séquestration de carbone (effet « puits ») et donc à la limitation de la concentration de GES dans l'atmosphère.

LA MULTIFONCTIONNALITÉ DES PLANTATIONS FORESTIÈRES

Un peu d'histoire...

Le principe des plantations forestières est très ancien. Les premières preuves de domestication d'un arbre fruitier, le figuier, remontent à 11 400 ans.

On peut sans doute voir plusieurs raisons historiques à la mise en place de plantations boisées. Ainsi, le passage d'une vie nomade à une vie sédentaire, le développement de nouveaux outils permettant de pratiquer la sylviculture et enfin et surtout la diminution des ressources auparavant cueillies ou collectées (fruits, bois...) sont autant de facteurs qui ont motivé les actions de plantation.

Les rôles des plantations forestières ont évolué en fonction des besoins des sociétés humaines et sont aujourd'hui diverses. Parmi les multiples rôles, on peut citer la sécurité alimentaire (collecte des fruits, fourrage), l'approvisionnement en bois de feu, la fourniture de produits médicinaux (écorces, feuilles, sucs), la production de matériaux de construction, la lutte contre l'érosion, le maintien de la qualité des ressources en eau, etc.

Enfin, les plantations jouent un rôle de stockage du dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère. Ce rôle n'est pris en compte que depuis la reconnaissance récente du phénomène du changement climatique et de la nécessité de le combattre.

Selon le rôle recherché, nous verrons que le type d'essence et la gestion de la plantation varient.

Typologie des plantations forestières

La conduite technique d'une plantation forestière dépend du type de produits souhaités. Chaque projet doit donc être adapté aux objectifs sociaux, économiques et environnementaux escomptés mais aussi aux moyens humains, techniques et financiers raisonnablement mobilisables.

D'un point de vue technique, on peut faire ressortir une typologie en fonction de l'objectif principal recherché. Il est important de noter qu'une plantation réunit généralement plusieurs des fonctions énoncées ci-dessous :

Plantations à vocation énergétique

Il s'agit d'optimiser la production de la quantité d'énergie. La conformation du bois n'est pas importante ici. Pour ce faire, la densité de la plantation sera forte et le peuplement sera conduit en taillis. La récolte interviendra sur une courte rotation (fonction de l'espèce). Par ailleurs, une fertilisation est bien souvent nécessaire. On choisira des espèces à croissance rapide comme l'Acacia (Acacia auriculiformis), le Leucaena (Leucaena leucocephala), le Cassia (Cassia siamensis), le Gliricidia ou encore le Sesbania. (Cf. la Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible, le renouvellement de la biomasse énergie).

Plantations à vocation bois d'œuvre

Le produit souhaité est un bois facilement façonnable en scierie, aux propriétés mécaniques standardisées et éventuellement esthétique. Il doit donc être droit et sans noeud. La densité de la plantation sera forte au début puis progressivement diminuée par des éclaircies.

1. FAO, 2006

Des élagages seront nécessaires. La récolte n'interviendra qu'à maturité des arbres. La régénération du peuplement pourra être naturelle ou assistée par replantation. Les espèces permettant la production de bois d'œuvre sont très nombreuses, on peut citer comme exemple le Teck en Asie, le Palissandre au Brésil, l'Okoumé et le Limba en Afrique, etc.

Plantations à vocations fruitières et fourragères

Le produit souhaité est la partie comestible de l'arbre (fruits, feuilles, écorces, ...). De fait, les espèces à planter doivent répondre à ce premier critère. Par ailleurs, en fonction du moment et de la technique de récolte (fruit mature mais sur l'arbre, fruit mature mais au sol, cueillette à la main, gaulage ...), les arbres devront être taillés régulièrement ou non. La coupe des arbres n'interviendra dans ce cas que lorsque les arbres ne seront plus suffisamment productifs pour les fruits ou bien le fourrage. Les espèces plantées sont par exemple le Caféier, le Vanilla Panifolia (vanille), le Cinnamomum verum (écorce intérieur qui donne la cannelle), le Pistachier, le Moracae (arbre à pain), l'Anacardier (noix de cajou), le Carambolier, le Noyer du Brésil, le Karité, etc.

Plantations agroforestières

Les plantations agroforestières regroupent les différents types de vocations décrites précédemment.

La définition donnée par le Centre International pour l'Agroforesterie (ICRAF) est la suivante : « L'agroforesterie est un système dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques qui intègre des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et permet ainsi de diversifier et de maintenir la production afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre. »

Dans notre cas, on s'intéressera aux systèmes agroforestiers qui visent l'association sur une même parcelle d'arbres et de cultures. Ces techniques de plantations sont particulièrement pertinentes dans des perspectives de développement local. Elles présentent l'avantage pour les communautés rurales ou forestières de générer des revenus diversifiés et mieux échelonnés dans le temps.

Des cultures comme le Manioc, le Sorgho, le Maïs, le Café, le Cacao peuvent être associées à des arbres comme l'Hévéa, le Teck, l'Anacardier, etc. Ainsi, les fruits et le bois sont valorisés au sein d'un système agroforestier.

Dans un but d'amélioration de la fertilité des sols, on pourra également associer des arbres avec la culture de légumineuses (Arachide, Pois, Lentilles, Soja), ces dernières permettant de fixer l'azote atmosphérique dans leurs racines. Dans un but de protection des sols et de lutte contre les espèces végétales invasives, on pourra mettre en place entre les lignes d'arbres une couverture herbacée.

Enjeux pour les acteurs de développement

Les projets de plantations forestières doivent être considérés par les pouvoirs publics des pays du Sud avec le plus grand intérêt car ils remplissent de nombreux rôles (sociaux, économiques et environnementaux cités précédemment). De plus, au niveau social, ces projets peuvent permettre de mettre en place des dispositifs innovants de gouvernance et de décentralisation de gestion forestière, et ainsi d'impliquer et de former les populations directement concernées.

Les ONG peuvent jouer un rôle de plaidoyer en matière d'élaboration d'une politique nationale, régionale ou locale quant à la mise en place de projets de plantations forestières. Par ailleurs, elles ont pour rôle de favoriser la diffusion d'informations et/ou de mise en œuvre technique auprès de potentiels porteurs de projets que sont les communautés locales ou les *communautés forestières*.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Les éléments de faisabilité à investiguer sont de plusieurs ordres.

- Analyse des paramètres environnementaux
Il s'agit d'étudier les paramètres climatiques, géologiques, pédologiques, hydrologiques pour déterminer les essences et les itinéraires techniques sylvicoles appropriés. On évaluera si l'écosystème dans lequel est prévu la plantation est rare et/ou vulnérable et son niveau de biodiversité. On anticipera les menaces éventuelles pouvant peser sur la plantation (déforestation, feu, attaques phytosanitaires, etc.).

- Etude de faisabilité technique
Un état de l'art en matière de plantation forestière dans la région ou le pays permet de prendre exemple sur des expériences réussies et d'éviter de reproduire les erreurs déjà commises. Sur la base de l'analyse des paramètres environnementaux, il s'agit de proposer une sélection d'essences forestières en favorisant celles qui sont disponibles sur place. L'étude vérifiera également la disponibilité de la ressource en eau (pluviométrie, identification des *bassins versants*).

- Appréhension du cadre foncier et de l'environnement financier
Les projets de plantations ont lieu sur le long terme et mobilisent de nombreux hectares de terre. Cette dernière peut avoir un statut communautaire, privé ou public. Dans tous les cas, la sécurisation foncière est primordiale. Celle-ci suppose donc une connaissance préalable de la loi et des arbitrages possibles en cas de litiges ainsi qu'un inventaire des garanties foncières et juridiques. Enfin, l'analyse de l'environnement financier (prix du bois, taxe éventuelle à l'export, etc.) permettra d'évaluer l'attractivité d'un tel investissement pour le porteur de projet.

Appuyer la mise en place de plantations forestières

Cibles :

Agriculteurs, *communautés forestières*, collectivités locales.

Fonctionnalité, performances :

La mise en place d'une plantation peut prendre de quelques mois à plusieurs années en fonction de la surface concernée et des moyens humains et techniques disponibles. La coordination entre les différentes phases (préparation du terrain, pépinière, mise en place des plants...) et le respect des phases critiques pour l'installation des plants (importance des saisons) influencent grandement le taux de mortalité dans les premiers mois de la plantation. Les rendements escomptés sont très variables en fonction des conditions environnementales (fertilité du sol, pluviométrie...), des essences plantées et des itinéraires techniques. Ils peuvent aller de quelques mètres-cube/ha/an à plusieurs dizaines.

Volets d'accompagnement projet :

Le type d'accompagnement sera très variable selon la finalité de la plantation. On peut néanmoins citer à titre indicatif :

- Un volet Recherche et Développement : pour la mise au point d'itinéraires techniques, tester des associations au sein du système agroforestier, améliorer la productivité d'une plantation bois d'œuvre, etc. ;

- Un volet d'accompagnement technique et de formation : mise en place des pépinières, transplantation, gestion des peuplements (éclaircies, tailles, etc.) ;

- Un volet de structuration des acteurs : nécessaire pour mobiliser la main d'œuvre, le foncier, pour répartir les produits de la plantation (fruits, charbon, crédits carbone, etc.) ;

- Un volet de suivi : indispensable pour évaluer les retombées socio-économiques de la plantation. Dans le cas d'un projet visant une éligibilité au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP), le suivi s'avère indispensable pour collecter des informations fiables permettant d'évaluer la séquestration réelle de carbone.

Durée de projet :

La mise en place de plantations forestières a lieu sur le long terme, même si dans le cadre de plantations locales, il est particulièrement nécessaire de prévoir des retombées à court ou moyen terme, telles que la production de fruits, afin de pallier l'absence de revenus et la mobilisation d'un capital sur une longue durée.

Compétences requises :

En matière de foresterie et d'agroforesterie : plantation et suivi de plantation, élaboration de bilan carbone et mise en œuvre d'un suivi du carbone séquestré sur la base de méthodologies approuvées.

En matière de finances : montage financier du projet prenant éventuellement en compte les acheteurs de crédits carbone.

En matière d'évaluation économique afin de calculer les taux de rentabilité interne du projet (sans et avec la vente de crédits carbone dans le cas d'un projet MDP).

En matière d'organisation de filière, pour fédérer et animer la participation des petits agriculteurs.

Pérennisation :

La pérennité d'un projet dépend en premier lieu de deux points : la garantie foncière liée au terrain où se fait la plantation et la capacité du porteur à mobiliser un capital sur plusieurs années. Ainsi, pour favoriser la pérennisation, il peut être nécessaire d'intervenir très en amont au niveau de la politique forestière et/ou de la politique d'aménagement du territoire. Par ailleurs, dans le cas d'un projet de type MDP, la conception d'outils financiers innovants, permettant par exemple de proposer des prêts pour les plantations grâce à une vente anticipée des crédits carbone, est une piste à considérer.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

Cas général

⬆ Création d'emplois (dans le domaine de la sylviculture), de revenus (issus de la collecte des produits de la plantation).

Cas d'une plantation sur une terre d'usage initialement agricole

⬆ ⬇ Baisse des revenus de l'agriculture à court terme, du fait de plantations à cycle long, mais augmentation à moyen et long terme grâce à une restauration de la fertilité des terrains, la production de fruits et de charbon, et la vente de crédits carbone ;

⬇ Gel de terres agricoles et substitution de productions.

Cas d'une plantation énergétique

⬆ Réduction des dépenses liées au charbon, au bois de feu ;

⬆ Réduction à long terme du temps de collecte de combustible.

Sociaux et Sanitaires

Cas général

⬆ Amélioration de la qualité de l'eau grâce à la régulation hydrique permise par le couvert forestier.

Cas d'une plantation fruitière

⬆ Amélioration de la sécurité alimentaire des communautés.

Environnementaux

Cas général

⬆ Protection des ressources en eau ;

- Restauration de terrains dégradés, renouvellement de la qualité des sols ;
- Séquestration (cf ; explications ci-après) de carbone dans les arbres et le sol, diminution de la concentration de GES dans l'atmosphère.

Cas d'une plantation énergétique

- Baisse de la pression sur la ressource en bois de feu et en charbon.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Enjeux

Les écosystèmes forestiers sont un élément clé du cycle du carbone. La photosynthèse permet en effet aux arbres de capter le CO_2 de l'atmosphère et de le transformer en molécules organiques grâce à l'énergie solaire. Ce carbone est stocké dans les racines, le tronc et le houppier des arbres. Les sols forestiers, quant à eux, contiennent en général au moins autant de carbone que la biomasse des arbres qu'ils supportent.

On parle d'une capacité de séquestration de l'écosystème forêt (arbres et sol).

Pour illustration, une forêt en pleine croissance peut emmagasiner de 3 à 10 t CO_2/ha/an, tandis qu'une forêt âgée serait proche de l'équilibre[2]. En fonction des régions géographiques et des espèces plantées, une plantation forestière peut, d'après les données fournies par le *GIEC*, séquestrer entre 8 et 20 t CO_2/ha/an.

Eligibilité d'une plantation forestière au MDP et marché d'échange volontaire

La notion de boisement/reboisement

Un projet de plantation forestière est éligible au *Mécanisme de Développement Propre* (MDP). Il rentre dans la catégorie des projets dits de « Boisement et Reboisement ». La définition des deux termes donnée par la *Convention-cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique* (CCNUCC) repose sur la période d'absence de la forêt. Ainsi, un projet de plantation boisée sur une terre qui n'a pas été couverte de forêt depuis au moins 50 ans sera considéré comme un boisement. Tous les autres projets seront définis comme du reboisement.

Les activités de conservation ou de gestion forestière ne sont par contre pas éligibles pour la première période d'engagement 2008-2012. Réunies sous l'appellation de REDD (Réduction des Emissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts), ces mesures sont au cœur des débats dans les cycles de négociations post Kyoto (2012) en cours. Elles seront explicitées dans la Fiche 5.3 La lutte contre la déforestation.

Les caractéristiques des MDP boisement/reboisement

Comme tout MDP, un projet doit prouver son additionnalité ; c'est-à-dire démontrer que ses absorptions effectives nettes de GES n'auraient pas eu lieu sans lui.

Les caractéristiques plus spécifiques des projets de boisement/reboisement sont les suivantes :

- Date de boisement et définition de la forêt
Le projet de boisement/reboisement doit concerner un terrain qui ne portait pas de forêt à la date du 31 décembre 1989, et ce jusqu'au moment du démarrage du projet. Chaque pays doit fixer les paramètres relatifs à la définition d'une forêt. On considère comme « forêt » un système comprenant une terre dont la superficie minimale est comprise entre 0,05 et 1 hectare, dont les houppiers des arbres couvrent plus de 10 à 30 % de la surface et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 à 5 mètres.

- Crédits carbones temporaires
Les réductions d'émissions de GES par les projets de boisement/reboisement ont la particularité d'être temporaires. En effet, le carbone stocké dans une plantation ne l'est pas indéfiniment. Pour des raisons anthropiques (conflits d'usages, fragilité du statut foncier des terres, ...) ou naturelles (feu, attaques d'insectes, ...), le peuplement arboré peut disparaître et le carbone jusque-là stocké peut être ainsi libéré dans l'atmosphère. Ainsi, alors que les réductions d'émissions par des projets MDP portant par exemple sur l'efficacité énergétique ou l'utilisation d'énergies renouvelables correspondront à des crédits permanents, l'absorption par les projets forestiers correspondra à des crédits temporaires d'une durée de 5 ans, traduisant ainsi la notion de risque liée à la non-permanence potentielle du boisement/reboisement. Dans le cas de projets à destination des Marchés Volontaires, d'autres systèmes de garantie existent, tel que celui développé par le *Volontary Carbon Standard* (VCS) qui consiste, sur le principe d'une assurance, à délivrer des crédits permanents, tout en mettant en réserve un certain nombre d'entre eux mobilisables en cas de disparition du boisement.

On peut mentionner qu'à date de publication de l'ouvrage, les crédits forestiers ne sont pas acceptés dans le cadre du marché européen EU-ETS (cf. Cadrage 2), ce qui constitue un frein à l'essor du MDP forestier. Ils s'échangent en revanche sur d'autres marchés à un prix d'environ 2-3 US dollars/tCO_2 équivalent.

Anticiper, préparer l'éligibilité d'un projet au MDP forestier

L'évaluation du potentiel de séquestration de la plantation va nécessiter des réponses aux questions ci-dessous et les données[3] (non exhaustives) relatives au stockage, aux émissions et aux émissions induites par le projet.

2. Kowalski et al, 2004.

3. En l'absence de certaines de ces données, le GIEC fournit des valeurs par défaut.

Données relatives au stockage
- La surface des terres à boiser ;
- Les espèces ligneuses utilisées ;
- La densité de la plantation ;
- Le mode d'association des espèces ligneuses ;
- Les taux d'accroissement annuel par espèce ;
- Les facteurs d'expansion par espèce, permettant de calculer la biomasse sur pied ;
- Les ratios biomasse aérienne/biomasse racinaire par espèce ;
- La densité du bois par espèce ;
- La teneur en carbone du bois par espèce ;
- L'itinéraire technique (phases de plantations, éclaircie, élagage, récolte, …).

Données relatives aux émissions du projet
- Les opérations techniques et leurs modalités de mise en œuvre (mécanique ou manuelle ? type d'engins ? consommation de fuel fossile par heure de travail ? …) ;
- La nécessité de mettre en place un enclos autour de la plantation.

Données relatives au suivi du projet (« monitoring »)
En supplément, la conception du projet devra prendre en compte le fait que la séquestration du carbone atmosphérique devra être mesurée au cours de la vie de la plantation. Un protocole de suivi devra être élaboré (au minimum la mesure du diamètre des arbres, ...). Par ailleurs, certaines interventions techniques seront à éviter étant donnés leurs impacts sur le bilan net de carbone (ex : la mécanisation émet des GES par l'utilisation de combustibles fossiles ; le travail du sol fait bien souvent diminuer le stock de carbone du sol ; l'irrigation a un impact sur le bilan de carbone, ...).

Illustration : reboisement agroforestier à Haïti

Statut projet : *Marché d'échange volontaire*
Crédit carbone : *URVE* (selon un standard à déterminer)
Source d'information : ONF International
www.onfinternational.org
Comptabilisation crédits : non déterminée à ce stade
Méthodologie : Méthodologie petite échelle AR-AMS0001

Contexte et principe de la réduction d'émissions

Le projet consiste en la plantation de 100 ha d'essences fruitières et de bois d'oeuvre dans un bassin versant aux terres particulièrement dégradées. Ses objectifs sont de permettre la récupération de la fertilité des sols, nécessaire pour la reprise d'une agriculture de subsistance, de lutter contre l'érosion, de protéger les bassins versants et les ressources en eau. Par ailleurs, les arbres assureront une production de fruits et de charbon de bois. Sans le projet, ces terres dégradées continueraient à se dégrader de par l'effet de l'érosion. Les conditions naturelles propices au retour d'un état boisé ne seraient pas atteintes. La réduction de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère est donc possible à travers la séquestration.

Ordre de grandeur

Une première évaluation de la séquestration est d'environ 24 000 tCO_2e sur la durée du projet (30 ans), soit de 6 à 8 tCO_2e/ha/an. 300 à 400 petits agriculteurs pourraient bénéficier des retombées du projet. Etant donnée la modestie de la taille de ce projet, du fait des nombreux échecs des programmes de plantation à Haïti, une seconde phase de plus grande ampleur sera envisagée en fonction des résultats de cette première phase.

ÉTUDE DE CAS

GESTION DURABLE DES RESSOURCES NATURELLES DES COMMUNAUTÉS MAPUCHE AU CHILI (PROMACIN)

Projet financé par : *FFEM, AFD*
Ampleur : Projet de grande ampleur (budget annuel de 200 000 à 1 000 000 €)
Opérateur : CONAF (administration forestière chilienne)
Partenariat : ONF Conosur (filiale d'ONF International) www.onfinternational.org
Date réalisation : 2003-2008
Bénéficiaires : 57 communautés Mapuche de la commune de Lumaco et 8 communautés Mapuche de la commune de Curarrehue

Le projet PROMACIN a pour objectifs de favoriser la gestion durable des ressources naturelles avec la participation des communautés indigènes locales Mapuche, pauvres dans leur grande majorité, de conserver la biodiversité, d'améliorer la qualité de vie des communautés et de favoriser la séquestration du carbone atmosphérique via la mise en place de plantations forestières. Ces plantations sont établies sur la commune de Lumaco, au nord de Temuco.



Contexte

Depuis 1974, l'Etat chilien a mis en place un système de subventionnement couvrant de 75 à 90 % des coûts de plantations, ceci afin de favoriser les activités de plantations forestières et la production de bois. Le versement de ces subventions intervient en deux étapes, une année et trois années après la réalisation des travaux, suite à des contrôles sur le terrain par la CONAF. Les petits propriétaires ne disposant bien souvent pas des fonds nécessaires pour pré-financer de tels travaux, l'idée est née de mettre en place un fonds rotatoire assurant ce pré-financement, alimenté par le versement ultérieur des subventions. Le projet PROMACIN a permis cette mise en place dès 2003. Le volet plantation n'est que l'une des composantes du projet global.
Parallèlement, un système semblable à celui du fonds rotatoire était envisagé pour faire l'interface entre les petits propriétaires et les acheteurs des futurs crédits carbone générés par les plantations.
Ainsi, les communautés Mapuche bénéficieront à moyen (après 12 ans) et long terme (30 ans) des revenus issus de la vente des bois, et à court (2008) et moyen terme de ceux de la vente des crédits carbone.

Activités mises en œuvre par le projet

La création du fonds rotatoire a permis la plantation de 850 hectares entre 2003 et 2006. Les plantations sont constituées pour moitié d'essences à croissance rapide sur des terres dégradées et sans couverture végétale.
Le transfert progressif du fonds rotatoire aux communautés Mapuche, représentées par l'Union des Communautés Mapuche de Lumaco (UCML), a été initié en 2007. Celui-ci se fait via une ONG Mapuche, Lonko Kilapang, qui a davantage de compétences administratives et techniques que l'UCML. Aujourd'hui, Lonko Kilapang passe les contrats avec les petits propriétaires en lieu et place du Département d'Action Sociale (DAS) de l'Evêché de Temuco.

Concernant plus spécifiquement le volet carbone du projet PROMACIN, la vente des crédits se fera sur le marché volontaire. En effet, le projet n'est pas éligible au MDP du fait des financements de coopération internationale obtenus pour sa réalisation. De plus, la taille modeste du projet risque de générer des coûts de transaction proportionnellement élevés dans le cadre du MDP.
Toutefois, le projet répondant à tous les autres critères d'éligibilité du MDP, une méthodologie petite échelle validée par ce dernier sera utilisée. Cela sera un gage de transparence et de qualité pour les acheteurs volontaires des crédits carbone et permettra aux propriétaires d'être mieux rétribués.



Parcelle en préparation avant plantation (au 1er plan) (@ONF international)

Du fait de la valorisation commerciale des bois – après 12 ans et 30 ans – le choix a été fait de valoriser des crédits carbone de type temporaires (validité de 5 ans). D'après les premiers calculs, les 850 ha de plantation généreront 224 000 *URVE* en 2028. La vente des crédits sera centralisée. Chaque propriétaire passera un contrat avec l'opérateur de ce fonds qui se chargera des opérations nécessaires à la production des crédits certifiés : mesures de suivi, contrôle par un certificateur,

recherche d'acheteurs… Le propriétaire sera rétribué du produit de la vente des crédits duquel les frais de gestion de l'opérateur seront déduits. De manière transitoire, ce fonds carbone sera géré par le DAS avant d'être progressivement transféré à l'UCML, comme dans le cas du fonds rotatoire. Actuellement, le prix des crédits temporaires sur les marchés est très variable. Au minimum, il se situe entre 2 et 3 dollars US pour un crédit valable 5 ans.



Plantation de quelques mois (©ONF international)

Bilan

Même si l'évaluation du projet ne sera réalisée que prochainement, un premier bilan peut d'ores et déjà être fait. Le projet PROMACIN a permis de mettre en place un système de financement innovant en direction des petits propriétaires. Par ailleurs, il devrait permettre à des communautés locales majoritairement pauvres de bénéficier des retombées économiques, tant de la vente des bois que de celle des crédits carbone. Les fonds de financement (rotatoire et carbone), progressivement transférés aux communautés locales, devraient assurer la pérennité de l'action dans le temps, une responsabilisation des communautés locales et une plus grande autonomie de ces dernières.

En savoir plus

Bibliographie :

« Evaluation des ressources forestières mondiales » FAO, 2006.

« Paired comparisons of carbon exchanged between undisturbed and regenerating stands in four managed forests in Europe". Kowalski A.S., Loustau D. et al., 2004. Global Change Biology, vol. 10, n° 10 : 1707-1723.

« Forêt et cycle du carbone » Rubio M., 2008., RDV techniques n°20 – printemps 2008 – ONF : 30-34.

Internet :

Site de la FAO – Food and Agriculture Organisation of the United nation : www.fao.org
Site du CIFOR - Center for International Forestry Research) : www.cifor.cgiar.org
Site de l'ICRAF - World Agroforestry Center : www.worldagroforestrycentre.org

La lutte contre la déforestation

La déforestation évitée

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible et le renouvellement de la biomasse énergie, Fiche 5.3 Les plantations forestières, Fiche 5.5 Les filières de charbonnage durable*

La forêt joue un rôle essentiel pour la protection de la biodiversité, la régulation des régimes hydriques et des microclimats locaux. Les écosystèmes forestiers sont aussi cruciaux pour les conditions de vie des communautés rurales les plus pauvres, qui en dépendent pour satisfaire leurs besoins en bois énergie, bois de services et construction, produits alimentaires et comme sources de revenus.

Selon l'évaluation des ressources forestières mondiales 2005 conduite par la FAO, la surface forestière actuelle représente moins de 4 milliards d'hectares, soit environ 30 % de la surface terrestre. Selon la FAO, la déforestation s'est poursuivie à un rythme élevé entre 2000 et 2005, quoique en diminution par rapport à la période 1990-2000. Elle est aujourd'hui responsable de 17,5 % des émissions de *gaz à effet de serre* (GES).

L'objet de cette fiche est de rappeler les impacts de la déforestation au niveau socio-économique et environnemental. Elle reviendra sur l'attention particulière portée à ce phénomène dans le cadre institutionnel de la lutte contre le changement climatique, sous l'appellation « déforestation évitée ».

UN ÉTAT ALARMANT DES FORÊTS DANS LES PAYS DU SUD

Les rôles multiples de la forêt

La forêt joue un rôle écologique essentiel. Elle constitue un réservoir de biodiversité et d'habitats. Elle intervient sur la régulation des régimes hydriques et des microclimats locaux (évapotranspiration, *canopée* qui atténue les chocs thermiques). Enfin, et à condition ne pas être surexploitée, elle permet la restauration du sol et donc une lutte efficace contre l'érosion.

Les écosystèmes forestiers jouent de plus un rôle socio-économique crucial pour les communautés avoisinantes. Ainsi, dans la plupart de ces pays, le bois de feu est la principale source d'énergie et représente jusqu'à 95 % de la consommation domestique d'énergie.

Les produits forestiers non ligneux (PFNL) revêtent également une importance majeure, principalement pour la sécurité alimentaire et l'économie locale. On définit les PFNL comme des produits forestiers d'origine biologique autres que le bois. Ils peuvent être des aliments (noix, champignons, fruits sauvages, herbes, épices, plantes aromatiques) ; des végétaux (fibres, lianes, fleurs) et leurs extraits (raphia, bambou, rotin, liège, huiles essentielles) ; ainsi que des animaux et leurs produits dérivés (gibier, abeilles, miel, soie). Or, 80 %[1] de la population des pays en développement (PED) utilisent des PFNL comme produits de santé et compléments nutritionnels. Par ailleurs, bois d'œuvre et industrie du bois sont également une importante source de revenus. Ils constituent un élément significatif de l'économie des pays ayant un vaste couvert forestier.

Enfin, les forêts sont un élément clé du cycle du carbone. La photosynthèse permet en effet aux arbres de capter le CO_2 de l'atmosphère et de le transformer en molécules organiques grâce à l'énergie solaire. Ce carbone est stocké dans les racines, le tronc et le houppier des arbres. Les sols forestiers, quant à eux, contiennent en général au moins autant de carbone que la biomasse des arbres qu'ils supportent. On parle d'une capacité de séquestration de l'écosystème forêt (arbres et sol).

Au total, plus de 800 millions de personnes vivent dans ou à proximité des zones de forêt tropicale et en dépendent pour satisfaire leurs besoins en bois énergie, bois de services et construction, produits alimentaires et sources de revenus.

Phénomène de déforestation et conséquences

L'évaluation des ressources forestières mondiales 2005 conduite par la FAO, montre une perte annuelle nette de 7,3 millions d'ha de forêts pendant la période 2000-2005. L'Amérique du Sud est le continent le plus touché avec 4,3 millions d'ha par an (3,1 millions du fait du Brésil), suivi par l'Afrique avec 4 millions d'ha par an. En terme de taux de déforestation, les régions les plus touchées sont l'Amérique Centrale et l'Asie du Sud-est (2 % par an en Indonésie). Cependant, un reboisement important a lieu dans certains pays asiatiques (Chine, Inde). Certaines régions ont jusqu'ici été peu touchées par la déforestation, notamment l'Afrique Centrale.

Les études sur le sujet montrent que la déforestation et la dégradation des forêts résultent d'une combinaison de causes multiples, qui interagissent de façon com-

1. FAO, 2001

plexe. Les principales causes directes de la déforestation sont l'expansion agricole (agro-industries, élevage, agriculture itinérante), l'extraction de produits ligneux (bois d'œuvre, pulpe, bois de feu) et le développement des infrastructures (routes), qui peuvent être le fait d'agents divers : sociétés industrielles, petits producteurs, etc.

Les conséquences de la perte de couvert forestier sont nombreuses. On peut citer la perturbation des régimes hydriques, l'accentuation du phénomène d'érosion, une perte de biodiversité, les impacts économiques et sociaux pour les communautés dépendant directement des produits et services de la forêt.

D'autre part, la déforestation est responsable de l'émission directe de dioxyde de carbone (CO_2) via la combustion et la décomposition de la biomasse contenue dans les arbres et la perte de carbone organique dans le sol. Elle provoque l'émission d'autres gaz à effet de serre, le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) lors de la combustion de la biomasse.

Dans ce contexte de déforestation, le bilan net du secteur forestier sur le climat est donc négatif. Ainsi, la déforestation contribue à hauteur de 17,5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) en 2005 selon le *GIEC*[2]. Le secteur « Forêt » se place comme troisième contributeur mondial d'émissions de GES après les secteurs de l'énergie et de l'industrie, mais devant les transports et l'agriculture. La plus grande partie de ces émissions issue de la déforestation et dégradation des forêts dans les pays en développement (PED), particulièrement dans les régions tropicales.

Enjeux pour les acteurs du développement

Réduire la déforestation et la dégradation des forêts nécessite donc une stratégie intégrée à l'échelle d'un territoire, élaborée et mise en œuvre par les institutions légitimes en concertation et partenariat avec l'ensemble des parties prenantes : communautés locales, ONGs, secteur privé, institutions de recherche, bailleurs, etc. Elle nécessite la mise en place d'un cadre institutionnel associé à des actions locales.

Cadre institutionnel

Une grande partie des mesures possibles pour lutter contre la déforestation et dégradation des forêts sont prises par les institutions en charge des grandes politiques sectorielles du pays ou de la région d'action (instruments économiques et financiers, mesures légales, renforcement de la gouvernance). Les politiques qui peuvent permettre de réduire la déforestation et dégradation des forêts sont des instruments économiques et financiers (subventions, schémas de certification, investissements publiques et privés, paiements pour services environnementaux), l'établissement et l'application de lois et règlements, et le renforcement des mécanismes de gouvernance et des institutions (régime de propriété foncière, intégrité et transparence des prises de décision, capacités institutionnelles).

Actions locales

Les opérateurs de développement, peuvent appuyer des projets concrets sur le terrain : substitution de bois de feu par d'autres sources d'énergie, diffusion de techniques agricoles alternatives à l'agriculture itinérante, reboisements à vocation multiple, énergie, bois de service. Cela se traduit également par la création d'aires protégées privées, une gestion forestière communale et communautaire, etc. Les ONGs seront des acteurs importants pour la mise en œuvre de ces projets.

COMPRENDRE LA NOTION DE « DÉFORESTATION ÉVITÉE »

Malgré les controverses et les difficultés qu'a suscité le débat sur la possibilité d'inclure les forêts dans le protocole de Kyoto, la déforestation est devenue un point central des négociations internationales en cours pour la lutte contre le changement climatique. Le thème de la «déforestation évitée» a ainsi émergé au sommet de l'agenda mondial, en octobre 2006, avec la publication du rapport Stern . Ce rapport, commandité par le gouvernement du Royaume-Uni, a eu une grande influence. Il suggère d'inscrire la « déforestation évitée » dans les négociations post-2012 mais également de tester, le plus tôt possible, des projets pilotes et des méthodologies.

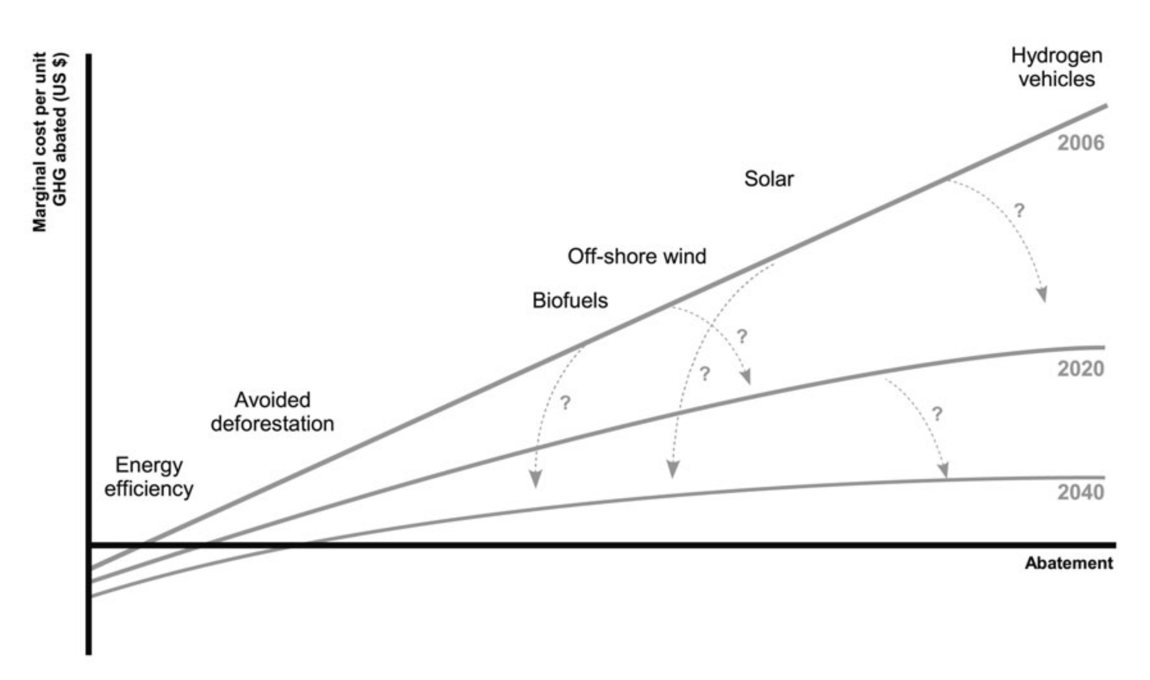
Rôle de la forêt dans la lutte contre le changement climatique

La forêt, de par son rôle écologique cité précédemment (climat, maintien du sol, drainage de l'eau, etc), assure la protection contre certains risques naturels comme les inondations, la sécheresse, la désertification. Ces phénomènes verront l'augmentation de leur fréquence et/ou de leur importance à travers le changement climatique. Pour les PED comportant des zones forestières conséquentes, elle renforcera la *capacité d'adaptation* de ces pays face à ces changements.

De plus, comme explicité auparavant, la déforestation et la dégradation des forêts représentent une des sources principales d'émissions de GES anthropiques totales de la planète. Réduire ce type d'émissions de GES est donc essentiel pour l'*atténuation* du changement climatique.

D'ailleurs, d'après le rapport STERN en 2006, cette solution s'avèrerait la plus économique après l'efficacité énergétique (les agrocarburants, le photovoltaïque, ou l'éolien seraient des options plus coûteuses).

1. Rapport GIEC 2007



Le lien entre le coût marginal de différentes mesures pour la réduction d'émission de GES et l'importance de la réduction (Source: Stern « Review of the Economics of Climate Change », 2007)



Eligibilité des REDD au protocole de Kyoto

Historique

Dans le cadre de la *Convention-cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique* (CCNUCC), aucun type d'instrument ou d'incitation n'est prévu jusqu'à maintenant pour lutter contre la déforestation dans les pays en développement.

Lors de la 11ème Conférence des Parties de la Convention Climat (COP11) de Montréal (2005), la Papouasie-Nouvelle Guinée et le Costa Rica ont fait la proposition d'inclure dans le cadre de la négociation, des incitations pour réduire la déforestation. L'idée sous-jacente est de mettre en place un mécanisme de financement pour réduire les émissions résultant du déboisement dans les pays du Sud. Cette demande a entraîné l'ouverture d'un processus de négociation qui se déroule depuis deux ans et qui a été marqué par une participation très active de l'ensemble des pays, au Nord comme au Sud.

En décembre 2007, les pays réunis à Bali en Indonésie (lors de la COP13) sont arrivés à un accord important sur la question de la déforestation évitée. Un plan d'action a été mis sur pied prévoyant la mise en œuvre d'actions pilotes sur la période 2008 et 2009, afin d'arriver à l'élaboration fin 2009 d'un mécanisme appelé REDD (« Reducing Emissions from Deforestation and Degradation »).

Questions méthodologiques

Il n'existe donc pas de méthodologie officielle dans le cadre de la CCNUCC ou du Protocole de Kyoto pour évaluer l'impact des actions de déforestation évitée.

De nombreuses questions sont donc en cours de négociation :

- Comment définir le scénario de référence, sur la base de tendances historiques, de projections futures ou d'une combinaison des deux ?
- Comment s'assurer que l'impact climatique des actions de protection de la forêt menées sur une zone de projet donnée ne va pas être annulé par le déplacement de la déforestation vers d'autres zones voisines ?
- Doit-on considérer seulement la déforestation brute, ou la déforestation nette, c'est-à-dire prendre en compte les surfaces reboisées ?
- Comment articuler le mécanisme avec les mécanismes de développement propre de boisement/reboisement ?

Au-delà de ces principes méthodologiques, le succès des projets de « déforestation évitée » repose largement sur un environnement institutionnel adéquat.

Les questions foncières sont essentielles : sans garantie de disposer de droits fonciers sur les terres où sont mises en place les actions (création d'aires protégées privées, systèmes productifs durables, plantations énergétiques, etc.), les communautés locales ciblées par le projet ne s'engageront pas dans des actions de moyen ou long terme.

Devenir des crédits carbone

Une large part des crédits carbone obtenus devra être distribuée aux acteurs mettant en place les actions de façon directe ou sous forme d'aides aux investissements ou paiements pour services environnementaux. Les mécanismes de distribution des revenus carbone devront donc être transparents, efficaces et faire l'objet d'une consultation de l'ensemble des acteurs impliqués.

La déforestation évitée sur le marché d'échange volontaire

Tous les projets REDD lancés ou en cours d'élaboration s'adressent au marché volontaire, puisqu'aucun mécanisme n'est encore officiellement approuvé par la CCNUCC.

Trois références méthodologiques sont actuellement à la disposition des opérateurs pour élaborer des projets REDD :
- le Bio Carbon Fund de la Banque Mondiale a publié une méthodologie « déforestation évitée » à l'échelle projet en juillet 2008 ;
- le VCS, « Voluntary Carbon Standard », a publié un guide sur les projets AFOLU (agriculture, forêt et autres usages du sol) qui traite du sujet « déforestation évitée » ;
- le standard CCB est également applicable aux projets REDD.

L'Alliance pour le Climat, les Communautés et la Biodiversité (Climate Community and Biodiversity Alliance, CCBA) a été créée en 2003 par un groupe d'ONGs leader et inclut à l'heure actuelle six sociétés privées, et sept ONGs internationales. L'objectif de la CCBA est le développement de politiques et marchés destinés à appuyer les projets forestiers porteurs de bénéfices significatifs pour le climat, les communautés locales et la biodiversité. Dans ce cadre, le CCBA a créé son propre standard CCB (Climate, Community and Biodiversity) en collaboration avec les représentants des communautés et du secteur environnemental, du secteur privé, d'instituts de recherche et de développeurs de projets. Plusieurs acheteurs ont annoncé accorder une préférence, voire un prix supérieur ou l'exclusivité à des projets dérivés du label CCB. Trois projets REDD (localisés en Indonésie, au Brésil et au Costa Rica) ont été présentés au CCBA, dont un a obtenu le « silver standard » et deux sont en cours d'évaluation.

ÉTUDE DE CAS

PROTECTION DES RESSOURCES NATURELLES D'UN *CORRIDOR BIOLOGIQUE* COLOMBIE

Projet financé par : Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM)
Ampleur : Projet de grande ampleur (budget annuel de 200 000 à 1 000 000 €)
Opérateur : CAM (Corporación Autónoma del Magdalena), institution responsable de la gestion des ressources naturelles du département du Huila
Date de réalisation : 2001-2007
Bénéficiaires : 4 000 familles



Projet pouvant s'appliquer à toute zone prioritaire pour la conservation et gestion durable des ressources naturelles.

Contexte

Le *corridor biologique* situé entre le Parc National de Puracé et le Parc National de Cueva de los Guácharos couvre 115 202 ha. Il est situé au Sud de la Colombie, entre la Cordillère Occidentale et la Cordillère Orientale. C'est un des sites les plus remarquables pour sa biodiversité au niveau de l'Amérique du Sud. Il correspond au sommet des bassins versants des grands fleuves, comme la Magdalena, la Cauca qui traversent la Colombie, mais aussi de fleuves qui traversent l'Amazonie. C'est donc une zone stratégique pour la ressource en eau. C'est aussi une zone clé pour les espèces migratrices. Enfin, sa couverture forestière (88 197 ha) permet la régulation du régime des eaux et la lutte contre l'érosion.

Ce corridor biologique est pourtant soumis à d'importantes pressions de déforestation : la progression de la frontière agricole (café, canne à sucre, fruits de climat froid), l'élevage, le prélèvement de bois de feu et de service. Environ 14000 habitants, soit 4000 familles, en dépendent pour leur vie quotidienne.

Activités mises en œuvre par le projet

Le projet a développé un processus d'aménagement territorial participatif au niveau des familles, des villages et des municipalités de la zone. Ce processus a débouché sur l'adoption d'un plan de gestion du corridor, qui définit zones de conservation et de restauration des ressources naturelles et zones de production.

En parallèle, le projet accompagne les producteurs, individuels et/ou organisés dans des associations, dans l'adoption de systèmes de production durable, leur permettant d'améliorer leurs revenus et conditions de vie tout en protégeant leur environnement. Ceci est notamment bien illustré au niveau des deux productions majeures de la zone :

- **Le Café**
Le projet a permis la diffusion de séchoirs permettant de mieux valoriser la production sur le marché, de systèmes de décontamination des eaux de traitement du café, et de pratiques de production organique (agroforesterie, compostage valorisant les résidus de traitement).

- **L'élevage**
La rotation entre parcelles de pâturage et la production fourragère, alliées à la semi stabulation, ont permis d'augmenter le rendement et la qualité de la production laitière, tout en fournissant un engrais organique pour l'exploitation. Ce système d'élevage plus extensif permet ainsi d'en réduire l'emprise spatiale et la pression de déforestation.

La mise en place d'abreuvoirs a protégé les sources d'eau potable de la population.

La mise en place de clôtures a facilité la rotation entre les parcelles de pâturage, de même que la construction d'étables permettant la semi stabulation a permis de protéger les zones humides de l'intrusion du bétail.



Clôtures permettant la rotation entre parcelles de pâturage (©ONF International)



Abreuvoir permettant d'éviter la pollution des sources d'eau potable (©ONF International)



Etable permettant la semi stabulation (©ONF International)



Zones humides protégées de l'intrusion du bétail (©ONF International)

Activités, bilan et suites

Une étude de faisabilité est en cours afin d'estimer le potentiel du projet en tant que projet de déforestation évitée. Elle consiste à :

- Evaluer l'impact du projet en terme de lutte contre la déforestation, via l'analyse des pressions de déforestation et des changements d'usage du sol pendant une période de référence (1989 – 2001), puis pendant le projet (2002-2007) ;

- Déterminer les stocks de carbone des forêts et donc les émissions de GES liées à la déforestation ;

- Formuler le cadre institutionnel du projet (porteur de projet, participants, appui technique) ;

- Elaborer les mécanismes de répartition des futurs revenus du carbone et les modalités de financement des activités prévues.

En savoir plus

Bibliographie :

« Evaluation des ressources forestières mondiales » - FAO, 2005

« Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in the Tropical Forests" Kenneth M. Chomitz et al, World Bank, 2007.

« Do trees grow on Money ? The implications of deforestation research for policies to promote REDD" – CIFOR, 2007.

« Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts : quelle contribution de la part des marchés du Carbone ? » - V. Bellassen, R. Crassous, L. Dietzsch, S. Schwartzman, Caisse des Dépôts, 2008

Internet :

Site de la FAO – Food and Agriculture Organisation of the United nation : www.fao.org
Site du CIFOR - Center for International Forestry Research : www.cifor.cgiar.org
Site de l'ICRAF - World Agroforestry Center : www.worldagroforestrycentre.org
Site du VCS – Voluntary Carbon Standard : www.v-c-s.org

Les filières de charbonnage durable

> **Fiches connexes :** *Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible, Fiche 4.1 Les briquettes de charbon à partir des résidus agricoles, Fiche 5.3 Les plantations forestières, Fiche 5.4 La lutte contre la déforestation*

Le charbon de bois est largement utilisé comme combustible domestique en milieu urbain dans les pays en développement. Il présente le triple avantage de combustion lente facile à maîtriser, de faible production de fumée, et de contenu énergétique deux fois supérieur à celui du bois dont il est issu. Faute de technologie efficace et de gestion durable de la ressource en biomasse, sa production contribue à la pollution de l'environnement et à la pression sur la forêt. L'introduction d'équipements de carbonisation performants, accompagnée de plantation énergétique (Cf. Fiche 1.1 La cuisson économe en combustible et le renouvellement de la biomasse énergie) est une solution durable à ce problème. Ces technologies performantes permettent un rendement de conversion plus élevé et une meilleure qualité de charbon (teneur en carbone fixe) ; un co-produit peut être obtenu par condensation des gaz de pyrolyse, l'acide pyroligneux. La valorisation de ce co-produit permet de dégager des bénéfices supplémentaires afin de rentabiliser l'investissement des fours et dans certains cas de rendre le « charbon durable[1] » compétitif par rapport au charbon traditionnel. Cette fiche présentera ce type de technologie de carbonisation à faible coût ainsi que les possibilités de valorisation du vinaigre de bois.

LE CHARBON DURABLE FACE AU CHARBON TRADITIONNEL

Le charbonnage traditionnel

Le charbon de bois est obtenu en carbonisant du bois de manière contrôlée en l'absence d'oxygène. Le procédé permet de retirer du bois son humidité et toute matière végétale volatile afin de ne laisser que le carbone.

La production de charbon de bois dans les pays du Sud est en majorité réalisée dans des fours traditionnels de type meule ou fosse. Ces procédés classiques émettent des effluents gazeux de type acides, monoxyde de carbone (CO) et gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote) qui représentent plus de 80 % de la matière première, ce qui constitue une source de pollution de l'environnement. De plus, leurs rendements de conversion, de l'ordre de 10 à 15 % et la provenance du bois utilisé, essentiellement de la forêt primaire, contribuent à la déforestation. Les alternatives mises en place dans certains pays en développement (subvention du gaz, interdiction du « charbonnage non durable »…) n'ont apporté aucune réponse pérenne (pas de viabilité économique, absence de gestion forestière…) et sont généralement un échec ou présentent un avenir fragile.



Chargement d'un four à charbon traditionnel, zone déforestée en arrière plan, Cambodge

Carbonisateur performant en gestion communautaire

Pour répondre à ce problème à la fois environnemental et écologique, l'introduction d'équipements de carbonisation performants, associée à une gestion raisonnée de la biomasse, est une voie durable. La carbonisation se définit comme la formation d'un résidu carboné plus ou moins pur par réaction de *pyrolyse* ou au cours d'une combustion incomplète.

Il est possible de réaliser des équipements à faible coût (matériaux et savoir-faire en construction locaux), permettant de mieux maîtriser les différentes phases de la carbonisation, d'améliorer le rendement de conversion et de raccourcir le processus de transformation. Les gaz de pyrolyse sont alors collectés et condensés dans un échangeur thermique simple, ce qui permet d'obtenir de l'acide pyroligneux, de réduire les émissions et ainsi la pollution de l'environnement.

La durabilité du dispositif est rendue possible par son intégration à un groupement villageois de gestion forestière que l'on appelle communauté forestière. La technique du taillis (très efficace sur acacia, eucalyptus,..), des coupes en rotation de 5 ans, permettent d'améliorer la valeur forestière des parcelles assurant des revenus rapides et réguliers à la communauté. Seul, le produit de ces opérations alimente les fours de carbonisation. Les règles strictes de fonctionnement du groupement villageois garantissent le développement du couvert forestier.

1. Durable : cette notion indique la gestion de la ressource en biomasse pour assurer une production pérenne.



Système de four à charbon amélioré, de plus grande capacité et plus efficace, Cambodge

A partir d'une même masse de bois, le meilleur rendement de conversion et le pouvoir calorifique plus élevé du charbon obtenu, permettent un gain énergétique de 35 % par rapport au procédé traditionnel. Cependant, dans certain cas, cela n'est économiquement pas suffisant pour rendre le « charbon durable » compétitif par rapport au charbon traditionnel. Les bénéfices générés par la commercialisation du vinaigre de bois permettent dans ces cas de consolider la rentabilité des ces unités de production de charbon durable.

La valorisation du vinaigre de bois

Le vinaigre de bois est constitué d'un mélange comprenant des goudrons de bois solubles et insolubles dans l'eau, de l'acide acétique, de l'acide formique, du méthanol, de l'acétone, des furfurals, des phénols, du gaïacol et toute une série de composés chimiques en faible quantité. Ce liquide renferme donc toutes les propriétés de la fumée : odeur de fumée, coloration de fumée, l'effet anti-oxydant, antiseptique, bactériostatique et conservateur.

Une simple décantation permet de séparer les goudrons insolubles de la phase aqueuse. On obtient ainsi un vinaigre de bois dont le pH est aux alentours de 3. Par la suite, une distillation peut être réalisée afin de séparer le méthanol, l'acétone et l'acide acétique des goudrons solubles, ce qui permet d'obtenir un produit plus acide.

Le vinaigre de bois est utilisé essentiellement dans l'agriculture, en premier lieu comme répulsif pour les insectes. Mélangé à de l'engrais, il accroît l'absorption des nutriments par les plantes, il favorise donc la croissance des plantes en général et diminue la consommation d'engrais et de pesticides chimiques. Dans le *compost*, le vinaigre de bois neutralise les odeurs en limitant le dégagement ammoniacal, accélère la fermentation et enrichit le produit. Il prolonge la fraîcheur des fruits et des légumes et augmente la durée de vie des fleurs coupées. Il est aussi utilisé comme antiseptique sur les animaux, il protége le bois des termites par son action répulsive et la partie goudronneuse sert au colmatage des bateaux.

Ce produit possède donc une large gamme d'utilisation qui peut être exploitée aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale.

Enjeux pour les acteurs du développement

Globalement, il s'agit pour les pouvoirs publics de mettre en place une stratégie nationale sur la biomasse-énergie, première source d'énergie des populations les plus pauvres. Celle-ci visera une meilleure gestion de la ressource en biomasse énergie par la lutte contre la déforestation, la mise en place de communautés forestières, la diffusion d'équipements de cuisson économes en combustibles auprès des foyers et des collectivités etc.

Une action spécifique d'appui à un charbonnage plus durable est la mise en place d'un système de certification du charbon. Elle permettrait de différentier le charbon durable du traditionnel (souvent dénommé illégal). Un système de fiscalité incitatif pourrait aussi permettre de favoriser le charbon durable vis-à-vis du charbon illégal, dont la production est cause de déforestation.

MENER UNE DÉMARCHE PROJET

Etude de faisabilité

Pertinence

L'étude de la pertinence de l'introduction de four à carbonisation amélioré commence par l'analyse de l'offre et de la demande en charbon ainsi que des moyens de production et de la provenance de la biomasse. Il faut répertorier les sites de production et de consommation, déterminer le coût du transport, rechercher les zones existantes et potentielles d'implantation d'une communauté forestière et d'un centre de production de charbon durable.

Une phase pilote pour tester le faisabilité technique, les coûts associés, la place commerciale du vinaigre de bois et ainsi la rentabilité du procédé en compétition avec le charbon traditionnel, sans investissement ni gestion de la biomasse.

Dimensionnement du four et des plantations

Il s'agira dans un premier temps de déterminer le type de four à installer en tenant compte des savoir-faire locaux et des matériaux disponibles. Ensuite, il faudra estimer la surface des plantations nécessaire pour subvenir aux besoins en charbon renouvelable, l'espèce appropriée pour la plantation et s'assurer de la disponibilité du terrain.

Présélection de sites

Les sites d'intervention pertinents sont les zones déforestées proches de centres urbains, les zones tampons entre les villages de producteurs de charbon et la forêt primaire, où la pression de prélèvement est importante et où la distance à parcourir pour collecter le bois est de plus en plus longue.

Appuyer la mise en place d'une filière de charbonnage durable

Cibles :

Communauté forestière, village de charbonniers

Fonctionnalité, performances :

Les caractéristiques techniques dépendent du type de four. On distingue deux catégories, ceux à combustion partielle et ceux à chauffage externe. La différence est que dans la première catégorie, une partie de la masse de bois est brûlée pour fournir l'énergie nécessaire à la carbonisation, dans l'autre, cette énergie est fournie en chauffant l'enveloppe du four, sans contact direct avec la masse à carboniser.

Les matériaux de construction sont en majorité disponibles localement (briques, argile…) à l'exception du métal dans le cas de certains fours. Le rendement de conversion est de 20 à 25 % pour les technologies à combustion partielle. Celles-ci sont plus facilement transférables dans les pays du Sud car leurs conduites sont similaires à celles des procédés traditionnels et leurs prix sont plus abordables, la deuxième catégorie étant plus destinée à des usages industriels.

Avec un four traditionnel, il faut environ 6.5 kg de bois pour produire 1 kg de charbon ayant un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de l'ordre 26 kJ/kg. Avec un four amélioré, on réduit la quantité de bois à 4.5 kg pour obtenir 1 kg de charbon dont le PCI est de l'ordre de PCI = 31 kJ/kg.

Maturité technologique :

Les technologies de fours à combustion partielle sont relativement maîtrisées. Des améliorations sont réalisables au niveau du système de condensation et de l'utilisation des gaz inflammables de pyrolyse en sortie de condenseur (réinjection dans le foyer, séchage de bois avant carbonisation), celles-ci sont aussi maîtrisées mais au stade industriel et pour des fours de taille importante. L'appliquer en pays du Sud sur des fours plus petits, permettrait une réduction supplémentaire de la pollution engendrée.

Volets d'accompagnement projet :

- Volet R&D : Voies d'optimisation réalisables (volume et fractionnement condensation, homogénéité de la production de charbon,..) ;

- Volet transfert de technologie : formation du personnel à la conduite et à l'entretien de ces fours ;

- Volet de suivi : contrôle de la gestion durable des ressources en biomasse, de la qualité du charbon produit ;

- Volet d'appui à la commercialisation : vente du charbon de qualité (une partie de la production peut cibler un marché plus solvable que le marché traditionnel auprès de restaurateurs par exemple) et du vinaigre de bois.

Durée de projet :

2 ans pour assurer le transfert technologique sur production améliorée de charbon de bois. 10 ans pour initier un savoir-faire en gestion durable de la biomasse.

Compétences requises :

Matériaux et construction, procédés de carbonisation, commercialisation produit de haute valeur ajoutée.

Pérennisation :

La rentabilité financière de la filière de charbonnage est la condition de sa pérennisation. Une autre condition est la décentralisation de la gestion de la biomasse-énergie vers les populations rurales, sous contrôle des services forestiers. Dans la mesure où chaque partie trouve un intérêt (maintien des forêts naturelles, maintien d'une activité économique), la pérennité de la filière est assurée.

Comme toute activité économique, sa pérennité passe aussi par un appui technique, un contrôle qualité, un contrôle des conditions de durabilité.

Impacts positifs, négatifs et risques

Economiques

- ⬆ Création de communautés forestières, de groupements de producteurs, d'entreprises (renforcement des capacités en gestion d'entreprise) ;
- ⬆ Pérennisation d'une activité économique condamnée à disparaître sans gestion durable de la biomasse associée ;
- ⬆ Stabilisation d'un produit énergétique pour les ménages urbains face à la montée des coûts des combustibles issus du pétrole ;
- ⬆ Création d'un produit de haute valeur ajoutée qui bénéficie à l'économie locale ;
- ⬇ Investissement pour l'acquisition des fours qui peut s'avérer lourd.

Sociaux

- ⬆ Création d'emplois en milieu rural grâce à la filière charbonnage/vinaigre de bois ;
- ⬆ Création de compétences techniques locales.

Environnementaux

- ⬆ Lutte contre la déforestation / Préservation forêt primaire ;
- ⬆ Limitation du recours aux engrais chimiques et pesticides avec usage efficient du vinaigre de bois ;
- ⬆ ⬇ Réduction émissions GES à condition de prévoir la condensation des gaz de pyrolyse.

CONTRIBUER À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

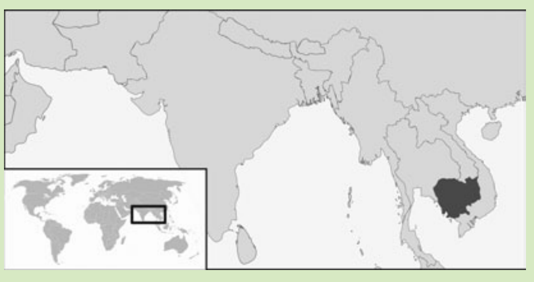
La production de charbon de bois à partir de résidus de biomasse renouvelable va dans le sens de la réduction du réchauffement climatique, si le combustible se substitue à des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz,...) ou à une *biomasse non renouvelable* (bois issu de déforestation).

Le charbonnage durable est comparable à la fabrication de briquette de charbon à partir de résidus de biomasse. Nous proposons donc au lecteur de se référer à la section « Contribuer à la lutte contre le changement climatique » de la fiche 4.1 « Les briquettes de charbon à partir de résidus agricoles ».

ÉTUDE DE CAS

CHARBONNAGE DURABLE AU CAMBODGE

Projet financé par : *GERES* (Fonds propres)
Ampleur : Projet de moyenne ampleur (budget de 50 000 à 200 000 € par an)
Opérateur : *GERES*
Partenariat : *CIRAD*, Ministère de l'Industrie des Mines et de l'Energie
Date réalisation : Depuis 2003
Nb de bénéficiaires : Communauté forestière de Také



Contexte

A Phnom Penh, 40 % des ménages utilisent le charbon de bois comme combustible principal. Leur demande annuelle est estimée à 90 000 tonnes par an. Les études préliminaires et projections en cours montrent que cette demande tend à fléchir dans la capitale, mais connaît une croissance exponentielle dans les autres centres urbains et les classes moyennes rurales. Le charbonnage est une activité de survie, cause directe de déforestation aux alentours des centres urbains (Kampong Speu, Battambang, Siem Reap) et un facteur aggravant dans les conversions de périmètres forestiers en terres cultivables ou plantations. L'illégalité de la production et du commerce de charbon n'a pas mis fin à l'activité, en raison de l'absence d'alternatives acceptables. Cette illégalité a seulement modifié la structure de la filière et du partage de valeur ajoutée, rendu plus vulnérables les producteurs, et caduque toute initiative de charbonnage durable.

Ensembles des activités mises en œuvre par le projet

Le GERES met en œuvre depuis 2003 un projet pilote de charbonnage durable, en association avec la communauté forestière de la province de Takéo, communauté de référence en matière de gestion forestière au Cambodge. L'approvisionnement en biomasse est renouvelable, selon un plan de gestion durable du périmètre forestier.

Deux technologies de carbonisation ont été introduites: le four Yoshimura, et le four Iwate. Celles-ci permettent de produire plus de charbon à partir d'une même masse de bois, et un charbon de meilleure qualité, comparé à la façon traditionnelle. Le gain combiné en amélioration de procédé et valeur calorifique est d'environ 35 %. Chaque four nécessite une équipe de 5 maçons formés pour le construire, puis au moins deux opérateurs à temps plein ensuite.



Plantation d'acacias à vocation énergétique, Cambodge



Chargement d'un four à charbon amélioré de type « Yoshimura », Cambodge

Les technologies de charbonnage mises en œuvre par GERES permettent de maîtriser la production d'un coproduit à forte valeur ajoutée: l'acide pyroligneux (AP). Les utilisations de l'AP sont multiples, suivant le degré de transformation.

Il a été employé à titre expérimental comme produit phytosanitaire sur des cultures annuelles et montre des capacités de protection des cultures sans aucune nuisance environnementale. L'AP pourrait potentiellement être employé en substitution d'une majorité des pesticides employés par les agriculteurs cambodgiens, les expérimentations doivent se poursuivre.

Un marché potentiel est déjà identifié dans les pays d'Asie de l'Est : Japon, Chine, Corée. Le marché domestique est en cours d'exploration sur les applications agricoles. Le marché régional est à explorer sur les applications agricoles, cosmétiques et agroalimentaires.

Bilan

Les résultats du projet pilote de Takéo montre l'intérêt du développement d'une filière charbon durable qui permet :
- la lutte contre la déforestation,
- l'économie d'énergie,
- la création d'emplois et de compétences techniques au niveau local,
- la production d'un produit de haute valeur ajoutée : l'acide pyroligneux (AP) a une forte potentialité à l'export.

Ce projet repose de plus sur un partenariat réussi avec une communauté forestière.

Mais :
- Il manque une politique nationale et un cadre légal adapté pour rendre ce charbonnage légal et pour le développer à l'échelle nationale tout en garantissant la qualité du processus de transformation,
- Les co-produits tels que l'AP sont encore insuffisamment valorisés au Cambodge et à l'export. La commercialisation de l'AP apparaît aujourd'hui comme la condition de développement et de pérennisation de l'ensemble de la filière de charbonnage durable.

Il existe de plus une volonté du gouvernement (MIME et Conseil des Ministres) de poursuivre une action dans ces domaines à une échelle nationale. Le constat fait par l'ensemble des acteurs est qu'il devient nécessaire, aujourd'hui, de soutenir la filière de charbon durable et, en premier lieu, la commercialisation de ses co-produits.

En savoir plus

Bibliographie :

Formation à la valorisation énergetique de la biomasse lignocellulosique - Girard Philippe, Rousset Patrick.1997.CIRAD

Techniques simples de carbonisation-1983.Etude FAO, disponible en ligne en français, anglais, espagnol sur www.fao.org

Guide Biomasse énergie- IEPF, ADEME, MRW et CQVB.1994

Internet :

Site de la liste de diffusion Bio-Energie : www.stoves.bioenergylists.org
Site du RIAED-Réseau International d'Accès aux Energies Durables : www.riaed.net
Site de GERES Cambodge : www.geres-cambodia.org

Adaptation : L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. L'adaptation inclut une grande diversité de mesures. En agriculture, le développement de nouvelles pratiques ou variétés végétales est une option, ainsi qu'une meilleure gestion de l'eau. La protection des forêts et de la biodiversité ou la création d'aires protégées ou de corridors biologiques peut aider les écosystèmes à s'adapter et à migrer. Dans le secteur de la santé, l'impact du changement climatique sur l'émergence ou l'extension de maladies nécessitera des mesures spécifiques.

Adventices : En agronomie, ce terme désigne une plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve. Il est aussi utilisé comme synonyme de « mauvaise herbe ».

Andains : Mise en tas longs et hauts des déchets afin de faciliter leur retournement (contrôle de l'apport en eau et en air) donc leur décomposition dans un processus de compostage.

Atténuation : Les mesures d'atténuation regroupent les interventions humaines visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre. Deux grandes options d'atténuation (ou "mitigation" en anglais) sont généralement considérées. La première consiste à réduire les émissions, en limitant la consommation d'énergie, en recherchant des énergies alternatives renouvelables, en transformant les systèmes de transport ou de traitement des déchets et en réduisant la déforestation. La seconde option, souvent appelée séquestration du carbone, cherche à récupérer une partie du carbone de l'atmosphère et le stocker dans la biosphère.

Bassin Versant (ou bassin hydrographique) : Portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun : cours d'eau ou lac. La ligne séparant deux bassins versants adjacents est une ligne de partage des eaux. Chaque bassin versant se subdivise en un certain nombre de bassins élémentaires correspondant à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal.

Biomasse : Ensemble des matières organiques des organismes vivants des divers écosystèmes et des produits qui en dérivent comme le bois, la paille, la bagasse (résidus de canne à sucre), les bois de rebut.

Biomasse Energie (ou bioénergie) : Energie extraite des matières organiques non fossiles comme le bois, la paille, les huiles et les déchets végétaux des secteurs forestier, agricole et industriel. La bioénergie provient de l'énergie solaire emmagasinée dans les plantes par la photosynthèse. Si sa source est bien gérée, elle est renouvelable et peut être utilisée de façon continue contrairement aux énergies fossiles. On distingue la « biomasse énergie traditionnelle » comme le bois de feu et des résidus agricoles et forestiers qui sont destinés à la cuisson et au chauffage domestique, des biomasses énergie modernes qui sont des biomasses mobilisées avec des capacités supérieures de conversion en énergie à la biomasse traditionnelle, pour la production d'électricité ou de bio combustible liquide, les deux permettant d'employer plus efficacement les ressources.

Biomasse non renouvelable : La combustion de la biomasse émet du dioxyde de carbone (CO_2). On considère que celui-ci est réabsorbé à court terme par la photosynthèse lors du renouvellement de la source de biomasse en question (forêt, taillis, savane, plantation etc.). On parle alors d'une biomasse renouvelable. Cependant lorsque la source n'est pas régénérée et que le prélèvement devient plus important que le renouvellement, alors le cycle du carbone est rompu et un excédent de dioxyde de carbone est libéré dans l'atmosphère. On parle alors d'une biomasse non renouvelable qui contribue de même que les énergies fossiles à l'émissions de gaz à effet de serre et donc au changement climatique.

Canopée : Etage supérieur de la forêt, en contact direct avec l'atmosphère libre. Elle est parfois considérée comme un habitat ou un écosystème en tant que tel, notamment en forêt tropicale où elle est particulièrement riche en termes de biodiversité et de productivité biologique.

Capacité d'Adaptation : Capacité d'un système à s'ajuster aux changements climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) et à des dommages potentiels modérés, à tirer parti des occasions et à faire face aux conséquences.

Carbonisation : Formation d'un résidu carboné plus ou moins pur par réaction de pyrolyse ou au cours d'une combustion incomplète.

Communauté forestière : Les communautés forestières sont des communautés locales qui ont passé un contrat avec l'Etat en relation avec un cadre réglementaire national sur la forêt. Elles obtiennent une concession de plusieurs années (autour de 15 ans) suivant les pays et sur une zone forestière données. Les communautés forestières ont un cahier des charges précis de gestion de l'espace qui implique notamment l'obligation de planter des essences forestières exclusivement. Il s'agit d'un processus de décentralisation de la gestion forestière.

Compost : Le compostage est défini comme un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des matières organiques (sous-produits de la biomasse, déchets organiques d'origine biologique...) en compost qui est produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques.

Conseil Exécutif : Organe de gouvernance du Mécanisme de développement propre (MDP), il supervise la mise en place de ce dernier, enregistre les projets MDP, délivre les unités de réduction certifiées des émissions (URCE). Enfin, il accrédite les Entités opérationnelles Désignées (EOD).

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC et UNFCCC en anglais) : Convention adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée par plus de 150 pays et par la Communauté européenne à Rio de Janeiro en 1992. Son objectif ultime est de "stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique". La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. La CCNUCC est l'une des autorités impliquées dans la mise en application des mécanismes de flexibilité dont le MDP. On trouve sur son site, toutes les informations relatives aux décisions sur les projets et les méthodologies MDP. www.unfccc.org.

Corridor Biologique : L'expression « corridor biologique » (ou Biocorridor) désigne un ou des milieux reliant fonctionnellement entre eux différents habitats vitaux pour une espèce ou un groupe d'espèce (habitats, sites de reproduction, de nourrissage, de repos, de migration, etc.). Ces corridors permettent de connecter ou reconnecter entre elles plusieurs sous-populations. Elles permettent la migration d'individus et la circulation de gènes (animaux, végétaux ou fongiques) d'une sous-population à l'autre. La restauration d'un réseau de corridors biologiques (maillage ou trame écologique) permet la conservation de nombreuses espèces menacées par de la fragmentation de leur habitat.

Gaz à effet de Serre (GES) : Le flux de rayonnement renvoyé sur Terre est provoqué naturellement par les nuages et de gaz dits « à effet de serre » présents dans l'atmosphère c'est-à-dire la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O). De nouveaux gaz d'origine industrielle ont par ailleurs, fait leur apparition comme les chlorofluorocarbures (CFC) et HCFC-22 comme le fréon, le perfluorométhane (CF_4), l'hexafluorure de soufre (SF_6) et contribuent eux aussi à l'effet de serre.

Gaz de pétrole liquéfié (GPL) : Désigne les gaz comme le butane et le propane, qui proviennent du raffinage du pétrole ou de l'épuration du gaz naturel (aussi appelée "dégazolinage"). Dans le langage courant, les GPL sont devenus le GPL, même s'il s'agit de plusieurs gaz.

Gold Standard : Fondation à but non lucratif crée en 2003 par des donateurs publics et privés (WWF, SSN et Hélio International) et basée en Suisse. Cette association est habilitée à délivrer un label de qualité sur les réductions d'émissions issues de projets de type Mécanisme de Développement Propre (MDP), Mise en Œuvre conjointe (MOC) et marché volontaire. Le label Gold standard vise les projets de diffusion d'énergie renouvelable ou visant l'efficacité énergétique et présentant un caractère fort de développement durable sur ses impacts économiques, sociaux et environnementaux.

Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) : Il a pour mission d'évaluer l'état des connaissances scientifiques, techniques et économiques sur le changement climatique, ses conséquences écologiques et socio-économiques ainsi que sur les stratégies de parade.

Lixiviat (ou percolat) : Liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau.

Marché d'échange volontaire : Mécanisme d'échange de crédits-carbone non lié à une règlementation internationale. Sur ces marchés, des individus ou des organisations achètent de "crédits carbone" à des projets de réductions d'émission de gaz à effet de serre ou de capture du carbone. Ces crédits servent à compenser les émissions des acheteurs.

Mécanisme de Développement propre (MDP) : Mécanisme qui autorise les pays industrialisés (ayant des objectifs quantifiés de réduction d'émissions) à investir dans des projets de réduction de gaz à effet de serre dans les pays en développement. Initiés par des investisseurs publics ou privés, ils déterminent des réductions d'émissions de gaz (Unité de Réduction Certifiée des Emissions, URCE) par rapport à une situation de référence.

Pouvoir de réchauffement Global (PRG) : Unité de mesure de l'effet d'un GES sur le réchauffement climatique par rapport à celui du CO_2 (PRG du CO_2 = 1) sur une période de 100 ans.

Pyrolyse : Décomposition thermique de matières organiques en l'absence d'oxygène ou en atmosphère pauvre en oxygène. Il s'agit du premier stade de transformation thermique après la déshydratation. Elle permet d'obtenir

un solide carboné, une huile et un gaz. Elle débute à un niveau de température relativement bas (à partir de 200° C) et se poursuit jusqu'à 1 000° C environ. Selon la température, la proportion des trois composés résultants est différente.

Résilience d'un système : Capacité d'un système de résister aux impacts négatifs du changement climatique sans perdre ses fonctions de base.

Stère de bois : Mesure la quantité de bois sous forme d'arbres empilés et vaut 1 m^3. Cette unité est surtout employée dans le commerce du bois de chauffage.

Système d'information Géographique (SIG) : Un SIG a pour but d'informer sur la géographie d'un espace donné. Il s'appuie donc sur un certain nombre de bases de données géographiques, qu'il permet d'intégrer, de gérer, de traiter et de représenter sous forme de cartes.

Voluntary Carbon Standard (VCS) : Ce standard a été développée par le groupe Climate Group, l'Association de Commerce Internationale d'Émissions (International Emissions Trading Association - IETA) et le Registre Mondial des Gaz à Effet de Serre du Forum Économique du Monde (World Economic Forum Global Greenhouse Register - WEF) et a été la première fois publiée en mars 2006. La norme vise spécifiquement la standardisation et quantification des réductions d'émission créées par les projets volontaires de compensation du carbone. Afin d'être certifié VCS, les projets doivent démontrer de vraies réductions, mesurables, permanentes et additionnelles.

Acronymes

ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France)
AEP	Ansary Engineering Products and Services
AFD	Agence Française de Développement
AMEDD	Association Malienne d'Eveil au Développement Durable
BMZ	German Ministry of Cooperation and Economic development
CIFOR	Center for International Forestry Research
CIRAD	Centre de coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
DATe	Developement of Appropriate Technology
DED	German Development Services
EDF	Electricité de France
FACT	Fuel from Agriculture in Communal Technology
FAO	Food Agriculture Organisation
FFEM	Fond Français pour l'Environnement Mondial
FONDEM	FONDation Energie pour le Monde
GERERE	Groupe d'Etudes et de Recherche sur les Energies Renouvelables et l'Environnement
GERES	Groupe Energies Renouvelables, Environnement et Solidarités
GIEC	Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (cf. Glossaire)
GTZ	Coopération Technique Allemande
IEPF	Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie
IETA	International Emissions Trading Association
LEHO	Ladakh Environment and Health Organisation
MAE	Ministère des Affaires Etrangères (France)
NEPA	National Environmental Protection Agency
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
OMI	Office des Migrations Internationales
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement (UNDP en anglais)
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP en anglais)
RIAED	Réseau International d'Accès aux Energies Durables
SCET - Maroc	Société centrale pour l'Equipement du Territoire
TMF	Turquoise Mountain Foundation
UNOPS	Bureau des Nations Unies pour le service d'appui aux projets
URCE	Unités de Réduction Certifiées des Émissions
URVE	Unités de Réduction Vérifiées des Émissions
USAID	United State Agency for International Development
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WWF	World Wide Fund for Nature

LES PARTENAIRES
DU GUIDE DE BONNES PRATIQUES

Le ministère des Affaires Etrangères et Européennes (MAEE)



La Direction Générale de la Coopération Internationale et du Développement représente la France dans les instances européennes, et notamment au sein de l'Initiative européenne sur l'énergie (EUEI) et dans les groupes de travail sur le changement climatique et le développement. Le MAEE suit les questions liées aux pays en développement dans les négociations sur le changement climatique. Il participe aux principaux programmes et réseaux internationaux de l'aide au développement sur l'énergie et le changement climatique. Il soutient des initiatives au niveau régional pour la mise en place de politiques énergétiques, pour l'adaptation ou le renforcement des capacités des négociateurs sur le changement climatique. Le MAEE finance la coopération de recherche pour le développement et anime le dispositif de coopération française sur ces thématiques.

www.diplomatie.gouv.fr

L'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME)



L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

www.ademe.fr

La Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme



Depuis sa création en 1990, la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme s'est donné pour mission de modifier les comportements individuels et collectifs pour préserver notre planète. Seule fondation française reconnue d'utilité publique dédiée à l'éducation à l'environnement, elle s'adresse à l'ensemble des acteurs de la société pour contribuer au changement des comportements vers une nouvelle forme de société et de culture basée sur un développement durable.

Pour répondre à la double crise énergétique et climatique, la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme s'engage dans les négociations internationales afin d'encourager la conclusion d'un accord international sur le climat en 2009. En parallèle, la Fondation mène une politique de soutien à des projets de développement permettant de répondre aux conséquences de ces crises. Elle souhaite aussi accompagner les différents acteurs concernés — en particulier les ONGs actives au Sud — dans l'émergence de propositions et le renforcement de leurs positions en tant que négociateurs.

La Fondation est également présente au niveau international en tant que membre de l'UICN (Union mondiale pour la nature) et de l'Organisation internationale de la francophonie. Elle est ONG consultative auprès du Conseil économique et social de l'ONU.

www.fondation-nicolas-hulot.org



Le GERES – Groupe Energies Renouvelables, Environnement et Solidarités

est une association à but non lucratif, créée en 1976 au lendemain du premier choc pétrolier. Aujourd'hui une centaine de collaborateurs mènent des projets de développement durable innovants, en France et dans 8 pays d'Afrique et Asie.

Préserver l'environnement, limiter les changements climatiques et leurs conséquences, réduire la précarité énergétique et améliorer les conditions de vie des populations pauvres, tels sont les enjeux auxquels l'équipe du GERES contribue en mettant en œuvre une ingénierie de développement et une expertise technique spécifique.

Conduire des programmes d'efficacité énergétique, déployer des services énergétiques favorisant le développement économique local, appuyer et développer des filières d'énergies renouvelables et promouvoir la valorisation des déchets : ces activités sont mises en œuvre en partenariat avec les acteurs locaux et les communautés locales en basant la collaboration sur la mise en commun des savoir-faire.

Le GERES intervient notamment sur les thématiques suivantes :

- Améliorer les conditions de production et de transformation agricole pour valoriser l'agriculture familiale et contribuer à la souveraineté alimentaire dans les pays du Sud – exemple : Le GERES conduit en milieu montagnard (Afghanistan, Inde) des actions en faveur de la culture maraîchère sous serre et du stockage-conservation des productions agricoles (pommes de terre, fruits…).
- Optimiser les utilisations énergétiques de la forêt pour préserver les ressources naturelles – exemple : Au Cambodge, avec le soutien du GERES 150.000 familles utilisent des équipements de cuisson économes.
- Accompagner le développement des énergies renouvelables pour intensifier la production locale d'énergies propres intégrées à l'environnement – exemple : En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le GERES anime la filière petite hydroélectricité en partenariat avec des acteurs de la protection des milieux aquatiques.
- Promouvoir la valorisation des déchets pour réduire leur impact sur l'environnement – exemple : Le GERES accompagne des actions de sensibilisation au compostage domestique, portées par des communes en partenariat avec des jardins associatifs en région PACA.
- Utiliser l'efficacité énergétique et l'énergie solaire pour soutenir un développement durable dans les zones montagneuses – exemple : Le GERES met en œuvre un programme de construction de bâtiments solaires passifs (habitat domestique, écoles et hôpitaux) dans l'Himalaya indien et en Afghanistan.
- Développer une offre locale en agro-carburants pour répondre en priorité aux besoins énergétiques des populations rurales – exemple : En Afrique de l'Ouest (Bénin, Mali, Niger,) le GERES accompagne plusieurs projets pilotes de production/usage d'agro-carburant en circuit court.
- Promouvoir les économies d'énergie pour maîtriser ses consommations, réduire sa vulnérabilité et préserver le climat – exemple : Le GERES anime des missions de conseil et d'information aux populations pour limiter la précarité énergétique et favoriser les énergies renouvelables en région PACA (Espaces Info Energie) et au Maroc.
- Développer de nouveaux services énergétiques et techniques pour améliorer les conditions de vie du monde rural -exemple : Le GERES coordonne un programme au Bénin à l'échelle du département du Zou pour l'implantation de plateformes multiservices et de services connexes.
- Accompagner les ONG locales et internationales pour qu'elles intègrent le changement climatique dans leur projet de développement – exemple : Le GERES forme les ONG en Asie du Sud Est pour qu'elles accèdent aux mécanismes de la finance carbone.

L'association a initié en 2004 le premier programme francophone de compensation volontaire (www.co2solidaire.org) pour soutenir ses projets de solidarité climatique.

Le budget de l'association (2,5 M€ en 2007) est assuré par des soutiens publics français (Ministère des Affaires Etrangères, Agence Française de Développement, FFEM, ADEME, collectivités locales), des aides internationales (Union Européenne, PNUD, Banque Mondiale) et des contributions de donateurs privés (fondations, entreprises, particuliers).

Le GERES est membre de différents réseaux tels que le CLER (Comité de Liaison des Energies Renouvelables), CFSI (Comité Français de Solidarité Internationale), Comité 21, Global Compact, INFORSE (International Network FOR Sustainable Energy), ARECOOP, MEDCOOP (collectif pour la Coopération Méditerranéenne)…

www.geres.eu

ISBN : 2-907590-54-5

Edition GERES
Groupe Energies Renouvelables, Environnement et Solidarités
2 cours Foch
13400 Aubagne
France
www.geres.eu

Conception graphique et réalisation
Approche Texte et Image
6, rue d'Arcole
13006 Marseille
France

Imprimé en novembre 2008
en 1000 exemplaires
sur papier certifié PEFC par Nouvelle Imprimerie Laballery
titulaire de la marque IMPRIM'VERT

Nouvelle Imprimerie Laballery
rue Louis-Blériot – BP 61
58502 Clamecy Cedex

Dépôt légal novembre 2008
Numéro impression 811038
Prix : 20 €

GUIDE DE BONNES PRATIQUES
CLIMAT, ÉNERGIE, DÉVELOPPEMENT

Les changements climatiques bouleversent les équilibres environnementaux, économiques et sociaux. Les pays en développement et en particulier les pays les moins avancés sont les premiers touchés par ces phénomènes qui amplifient les vulnérabilités existantes. En effet, la plus grande variabilité climatique (sécheresses, inondations etc.) prévue par les experts affectera notamment l'agriculture et les forêts, fragilisant la sécurité alimentaire et les ressources énergétiques. Or l'activité agricole est au cœur de l'économie de ces pays et 50 à 80 % de l'énergie utilisée par les ménages provient de la biomasse prélevée dans la forêt.

Ces effets néfastes seront aggravés par l'augmentation du prix de l'énergie, composante principale de la vie domestique, du développement économique, de l'accès à l'éducation et aux services de santé.

Il existe donc une interaction forte entre climat, énergie et développement.

Pour s'adapter aux changements climatiques, les populations devront notamment faire appel à de nouvelles sources d'énergie, mieux utiliser les sources existantes, modifier les pratiques agricoles et gérer durablement les ressources naturelles.

Sur la base de ce constat, il s'avère nécessaire de fournir aux acteurs du développement des éléments d'aide à la décision et des informations techniques pour les accompagner dans **une lutte conjointe contre la pauvreté et les changements climatiques**.

En effet, l'information est souvent éparse ou insuffisante concernant :
- le lien entre accès à l'énergie et adaptation aux changements climatiques,
- les enjeux, selon les technologies, les filières énergétiques... en termes d'impact sur le climat,
- les mécanismes de financement prévus par le protocole de Kyoto (MDP, fonds d'adaptation) et plus généralement la finance carbone,
- la hiérarchisation des priorités pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans les pays en développement.

Coordonné par le GERES et enrichi de contributions d'acteurs de terrain, ce guide offre un aperçu de technologies et démarches exemplaires associant développement et lutte contre les changements climatiques. **Ces pratiques concernent l'efficacité énergétique, la maîtrise de la demande en énergie, les énergies renouvelables, la valorisation des déchets, les pratiques agricoles résilientes ou la lutte contre la déforestation**.

Cet ouvrage s'adresse à l'ensemble des acteurs du développement : les organisations de solidarité internationale, les institutions des pays du Sud, les bailleurs de fonds, les acteurs de la coopération décentralisée, les agences de coopération technique, pour n'en citer que quelques uns.

Il s'adresse plus généralement aux professionnels qui mettent en œuvre les projets au quotidien ou tout simplement à ceux qui veulent comprendre les enjeux et les moyens concrets de lutte contre le changement climatique.

Enfin, il est utile de préciser que l'impact de ces actions au Sud restera limité, voire nul, si des mesures fortes de réduction des émissions à la source ne sont parallèlement pas mises en œuvre au Nord.

